

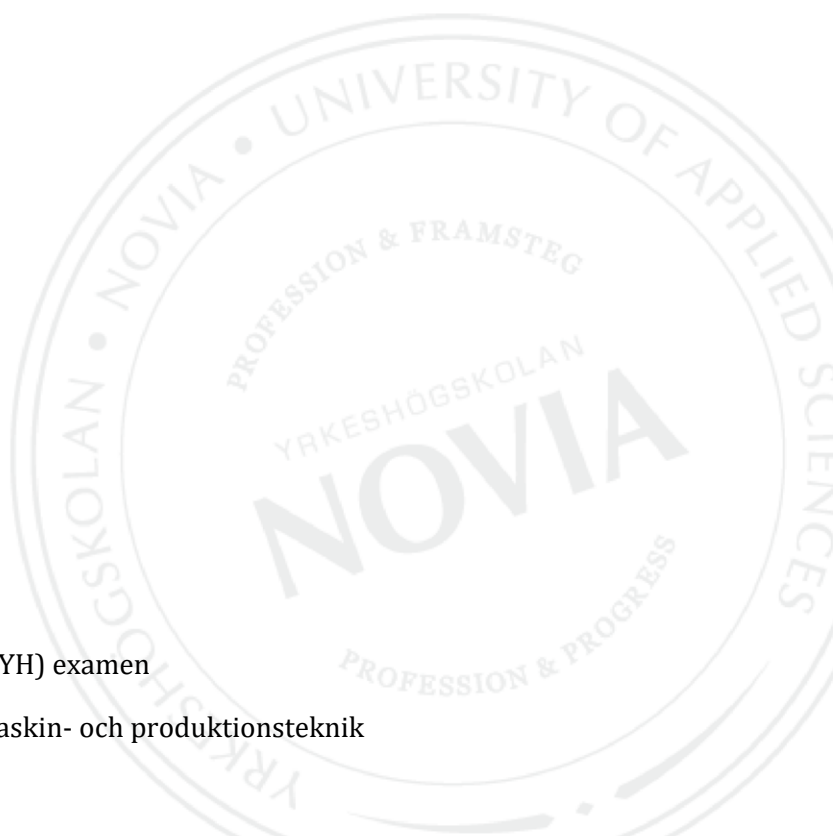
# **Off-grid elinstallation på fritidsbostad**

Jacob Sjödahl

Examensarbete för ingenjör (YH) examen

Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik

Vasa 2016



## EXAMENSARBETE

Författare: Jacob Sjödahl

Utbildningsprogram och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa

Inriktningsalternativ: Drift- och energiteknik

Handledare: Holger Sved

Titel: *Off-gridelinstallation på fritidsbostad*

---

Datum 29.11.2016      Sidantal 27      Bilagor 24

---

### Abstrakt

Detta examensarbete är ett privatbeställt projekt av Tore Björkman som ville ha ett nyckel-i-hand elsystem för sin sommarstuga som är belägen på en liten holme utan tillgång till elnätet. I projektet ingick elinstallation, att planera och bygga allt från grunden. Stugan var inte förberedd för en elinstallation och allt från eltillverkning till färdig elinstallation med 230 VAC uttag och 12 VDC belysning blev installerat. Examensarbetet behandlar komponentval för hela elsystemet, planering av elcentral, planering av elplanritningen och dimensionering av komponenter. Examensarbetet behandlar allt ur en mycket praktisk synvinkel utgående från erfarenheter och i vissa fall med stöd av beräkningar.

---

Språk: svenska      Nyckelord: invertersystem, solenergi, elinstallation, off-gridsystem

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Jacob Sjödahl  
Degree: Mechanical Engineering, Vaasa  
Specialization: Operation- and Energy Technology  
Supervisor: Holger Sved

Title: *Off-Grid Installation of Electricity for a Summer Cottage*

---

Date: 29.11.2016      Number of pages 27      Appendices 24

---

### Summary

This thesis is about a private order from Tore Björkman who wanted a complete electrical installation for his summer cottage on a remote island without access to the electricity grid. The project contains planning and building the installation from scratch since the cottage was not built to contain an electricity installation. My task was to make a complete electrical installation with 230 VAC sockets and 12 VDC lights. The project was planned from scratch meaning everything from making your own electricity to complete installation was built. This thesis consists of which parts I chose and why, planning of distribution box, planning of where to place the components and how to choose the right ones. This thesis is conducted from a very practical point of view embedded with my own experiences but also with support of calculations.

---

Language: Swedish      Keywords: Inverter system, Solar power, Off-Grid system

---

## OPINÄYTETYÖ

Tekijä:	Jacob Sjödahl
Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Käyttö- ja energiatekniikka
Ohjaaja:	Holger Sved

Nimike: *Off-Gridsähköasennus mökillä*

---

Päivämäärä: 29.11.2016 Sivumäärä 27

Liitteet 24

---

### Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on tilattu yksityisesti Tore Björkmanilta. Hän halusi käyttövalmiin sähköjärjestelmän pienellä saarella sijaitsevalla kesämökilleen jossa ei ole mahdollisuutta sähköverkkoon liittymiseen. Työhön kuului koko järjestelmän suunnittelu ja asennus alusta loppuun. Mökkiä ei oltu suunniteltu sähköistetyksi joten kaikki 230 VAC pistokkeet ja 12 VDC valaistukset piti asentaa. Opinnäytetyö käsittelee komponenttien valintaa ja mitoitusta koko järjestelmälle sekä sähkökeskuksen ja sähkökaavojen suunnittelua. Opinnäytetyö käsittelee kaikkea hyvin käytännöllisestä näkökulmasta, mutta joissain tapauksissa laskelmien tuella.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: invertersystem, aurinkosähkö, off-gridsystem

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning .....	1
1.1	Allmänt.....	1
1.2	Bakgrund.....	1
1.3	Innehåll .....	1
1.4	Projektets mål .....	2
1.5	Slutresultat.....	2
1.6	Avgränsningar.....	2
1.7	Ord- och begreppförklaringar .....	3
2	Elsystemets delar .....	4
2.1	Vindturbin.....	4
2.2	Solpanel .....	4
2.3	Solcellsregulator .....	6
2.3.1	Regulator för solcellssystem .....	6
2.4	Inverter .....	6
2.4.1	Inverter till solcell.....	7
2.5	Energilagring .....	8
2.5.1	Batteripaket för solsystem .....	8
2.6	Reservsystem .....	9
3	Strömanvändningen i sommarstugan.....	10
3.1	Strömbehov .....	10
3.2	Teoretisk förbrukning .....	11
3.3	Verklig förbrukning .....	12
3.4	Begränsningar vid förbrukning .....	13
4	Elinstallation .....	14
4.1	Komponentval.....	14
4.1.1	NV-2000 Power Inverter .....	15
4.1.2	Solpanelspaket (batteri, regulator, panel).....	15

4.1.3	Elmaterial .....	15
4.1.4	Generator och batteriladdare .....	16
4.2	Kabeldimensioneringen .....	17
4.3	Placering av komponenter .....	17
4.4	Materialkostnader .....	19
5	Hur man använder systemet .....	20
5.1	Bruksanvisning med förklaringar .....	20
5.2	Tillgänglig energi .....	22
6	Resultat .....	23
7	Diskussion .....	25
8	Källor .....	27
	.....	4

Figur 1	Principschema för Vind och solkraft (1) .....	4
Figur 2	Skillnad mellan ren sinusvåg och modifierad (6) .....	7
Figur 3	Batteripaketet som jag använde mig av .....	9
Figur 4	Bensingeneratoren som användes i mitt projekt .....	9
Figur 5	Ctek batteriladdare .....	16
Figur 6	Batteripaketets placering och en del av kabeldragningen under sommarstugan .....	17
Figur 7	Bruksanvisningen .....	20

Bilaga 1 Elplanritning

Bilaga 2 Beräkningar kabeldimensionering

Bilaga 3 Elschema för 230 V central, 12 V central

Bilaga 4 Inverterns specifikationer.

Bilaga 5 Ctek laddarens specifikationer och de 8 olika laddsteg

Bilaga 6 Sommarstugan med solpanel installerad

Bilaga 7 Mitt principschema för planering och inköp

Bilaga 8 Placering av huvudcentralerna, inverter, laddare och styrbox

Bilaga 9 Golvgenomföring

Bilaga 10 Byggande av 230 V central(mindre) och 12 V central(större)

Bilaga 11 230V central (ofärdig)

Bilaga 12 12 V central

Bilaga 13 Solpanelens regulator

Bilaga 14 Kabeldragning inverter och huvudbrytare

Bilaga 15 Kabeldragning

Bilaga 16 Färdigt Inkopplad 12 V central med batteriladdare

Bilaga 17 Inverter

Bilaga 18 Färdig installation i drift

Bilaga 19 Användnings instruktioner

Bilaga 20 Batteripaket AGM 210 Ah

Bilaga 21 Huvudsäkring 200A från batteri

Bilaga 22 2000W bensingenerator

Bilaga 23 230V uttag(vänster) 12 V uttag (höger)

# 1 Inledning

Detta examensarbete grundar sig på ett privatbeställt elinstallationsprojekt som utförts på Gloskärsbådan i Replot skärgård. Examensarbetet behandlar hur man planerar och bygger ett elsystem där man inte har tillgång till elektricitet från elnätet.

## 1.1 Allmänt

För att få ett hus självförsörjande av el så krävs komponenter och maskiner som samverkar för att få ett praktiskt och hållbart elsystem. I detta elsystem är det viktigare än i en vanlig elinstallation att installationen begränsas och anpassas. Det man bör tänka på är användningsgraden, valet av elproduktion, reservsystem, strömförbrukning, om det är kontinuerlig användning eller inte. Det som begränsar installationen mest är priset på komponenterna. För att välja komponenter krävs förkunskap om projektet ifråga, vad krävs av systemet? Vad kan man utesluta? Vem kommer använda elen? Under vilken årstid? Omgivningen, väderförhållande och priset. Det hela handlar om att kunna kompromissa från början till slut. En typisk kompromiss när det gäller kostnaderna är batteripaketets storlek och solpanelens effekt. Det är viktigt att noga fundera över vilka årstider systemet skall användas och användningsgraden.

## 1.2 Bakgrund

Beställaren Tore Björkman ville ha ett komplett elsystem på en sin sommarstuga. Stugan har inte tillgång till elnätet eftersom som stugan är den enda på en liten holme och endast tillgänglig via båtväg. Stugan är en stockstuga byggd endast för sommartid och inte förberedd för en elinstallation. Projektet är att planera en elinstallation som skulle passa för stugans behov och Björkmans kriterier.

## 1.3 Innehåll

Arbetet behandlar först en teoretisk del om komponenter i elsystemet sedan berättar jag om hur Björkmans projekt planerades och byggdes. Kostnader för installation av elsystemet samt detaljerad bruksanvisning redovisas.



## 1.4 Projektets mål

Syftet är att få tillgång till "normal" 230 V hushållsel, kunna använda det under veckosluten och kontinuerlig användning under några få veckor mitt i sommaren. Vid stugan ska man kunna använda normala hushållsapparater t.ex. kaffekokare och mobilladdare. Med normala menas 230 VAC-apparater. Här är en lista på kriterierna:

- 230 V eluttag och 12 V eluttag
- Belysning, ute och inne
- Kylskåp, möjlighet att lämna på kylskåpet när man är borta
- Hushållsmaskiner, dammsugare, kaffekokare, osv.
- Vattenpump för rinnande vatten
- Möjlighet att kunna använda mindre byggmaskiner t.ex. cirkelsåg
- Användarvänligheten, möjligt att kunna använda systemet utan att vara insatt kan kännas som en självklarhet när det kommer till normala elinstallationer men i detta system krävs lite mera för att uppnå samma användarvänlighet som i ett vanligt egnahemshus

Detta är kriterierna som jag kommer utgå ifrån när jag planerar elsystemet.

## 1.5 Slutresultat

Slutresultatet blev ett elsystem som grundar sig på ett 12 V ackumulatorpaket för strömlagringen. Belysningen blev 12 V LED-lampor och eluttagen drivs av en 12 VDC till 230 VAC sinusvågs inverter på 2000 W. Eltillverkningen sköts av solpaneler. Ett reservsystem behövdes och det blev en 2000 W bensingenerator för att ladda batteripaketet. Medan generatoren laddar batterierna kopplas invertern automatiskt ur och 230 V körs direkt från generatoren till stugans eluttag.

## 1.6 Avgränsningar

I detta examensarbete gör jag klart varför jag valde de olika delarna/komponenterna som det slutgiltiga systemet utgörs av. Jag kommer inte fördjupa mig i komponenternas teknik, t.ex. solcellens uppbyggnad. Jag kom inte heller att utföra mätningar av tillgänglig solenergi eller fördjupa mig i solenergi beräkningar.

Eftersom det i de flesta fall är priset på komponenten som blir den avgörande faktorn i komponentvalet så kommer jag att ta upp den mest lovande och effektivaste tekniken som är tillgänglig. Detta utan att beakta priset alltför mycket.

Självförsörjning är inte praktiskt året runt med endast solenergi p.g.a. för få soltimmar under vinterhalvåret därför kommer jag hålla mig till sommarbostäder när det gäller självförsörjning.

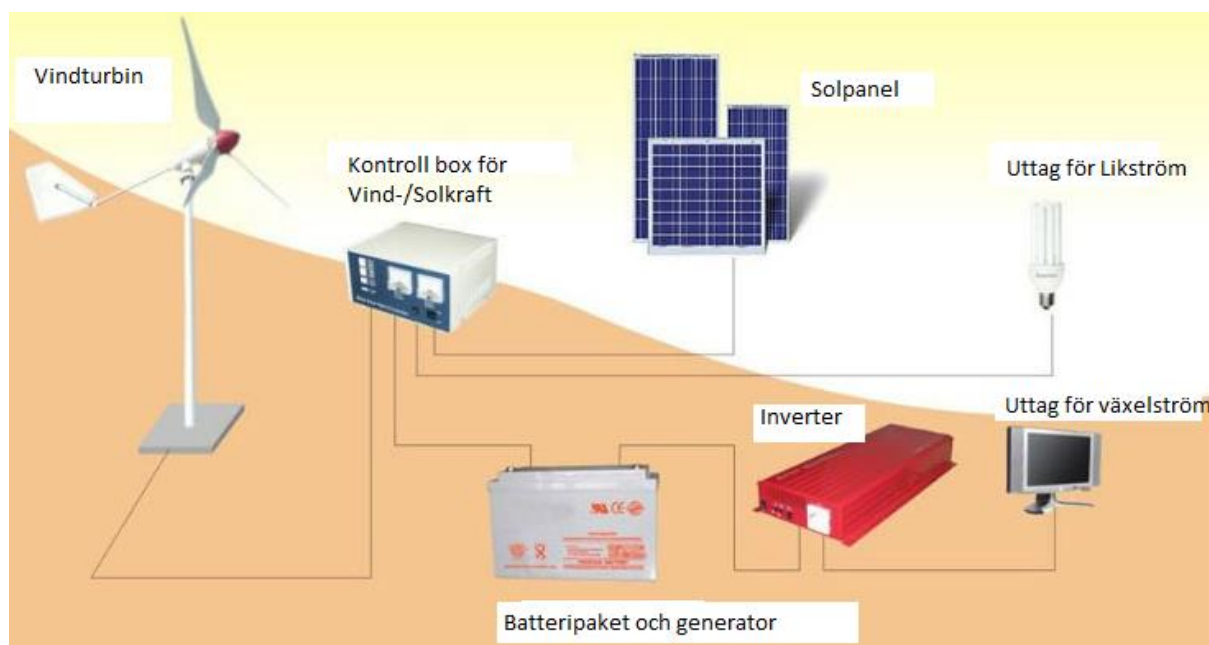
## 1.7 Ord- och begreppförklaringar

Detta kapitel förklara en del termer som är återkommande genom hela texten.

off-grid=	Installation utan tillgång till elnätet
on-grid=	Installation med tillgång till elnätet
AC =	Växelström
DC =	Likström
AC-DC =	Omvandling från AC till DC eller tvärtom
Inverter =	Byter riktning på strömmen från DC till AC, rätta svenska ordet är omvandlare men oftast använder man inverter
Solcell =	En enskild cell
Modul =	Flera celler i serie blir en modul
Solpanel =	Samma som modul
MPPT=	Maximum power point tracker, en DC-DC omvandlare som optimerar spänning och ström i ett solsystem för att komma så nära optimalaste punkten för spänning och ström som möjligt
STC=	Standard Test Conditions
NOCT=	Nominal Operating Cell Temperatur, Temperaturen då solcellen är som effektivaste
Vmpp =	Voltage maximum power point, Spänningen där modulen fungerar effektivast
Impp =	Strömmen när modulen är som effektivast
Användningsgrad=	Mängden solenergi du använder av den tillverkade energin

## 2 Elsystemets delar

I detta kapitel sammanfattas elsystemets viktigaste delar i en översiktsritning samt en kort beskrivning om komponenterna och dess primära funktion.



Figur 1 Principschema för Vind och solkraft (1)

### 2.1 Vindturbin

Vindturbin kommer inte användas. Placeringen kräver för mycket resurser. För att installera vindturbin behövs ett högt torn för att slippa markturbulens. För att hitta bästa möjliga plats behövs flera år av vindmätning om man vill vara säker på att få någon effekt ur ett mindre kraftverk. Det finns absolut ingen lönsamhet i småskalig vindkraft. Det är bättre att satsa på fler solpaneler istället.

### 2.2 Solpanel

Solpanelen omvandlar solenergi till elektrisk ström. Den består av en halvledare, dopat kisel som fungerar som en diod. När halvledaren blir upplyst genererar den ström i bakriktningen med väldigt låg spänning därför seriekopplas flera celler för att uppnå rätt spänning. Solcellerna delas upp i två typer, tunnfilm och kristallina solceller. Kristallina celler delas upp i polykristallina och monokristallina. Kristallina har högre verkningsgrad än tunnfilms celler så därför används oftast kristallina celler i solcellssystem. (1)

Nedan exempel på jämförelse värden på kommersiella paneler som är väldigt effektiva monokristallina solceller. Dessa värden är under STC (Standard test conditions) förhållande och panelerna är några av de effektivaste som marknaden just nu erbjuder.

**LG M 320W** har en modul verkningsgrad på 19,5 % och ger max volt på 33.6 V på 60 celler, Vid NOCT (Nominal operating cell temperature) ger den  $V_{mpp}$ , 30,7 V och  $I_{mpp}$ , 7,60 A

**Sunpower 327W** har en modul verkningsgrad på 20,4 % och 96 celler, Vid NOCT  $V_{mpp}$ , 51,5V och  $I_{mpp}$ , 4,82A (*tagit 8.6.2016 från specifikationsblad på [www.krafttpojkarna.se](http://www.krafttpojkarna.se)*) (2)

De flesta solceller av den här storleken har en NOCT runt 45-50 grader d.v.s. temperaturen då den ger mest effekt. Båda panelerna ovan har en verkningsgrads sänkning på 0,38 %/grad celsius. Dessa värden är under kontrollerade och standardiserade förhållanden och vad panelen ger i verkligheten kan nästan bara en testkörning i riktiga väderförhållande klargöra. (1) (2)

Det finns många flera faktorer som påverkar solpanelens duglighet. Bland de paneler som finns på marknaden är det stor skillnad på hur panelerna påverkas vid låg solstrålning, panelernas livslängd, livstidsverkningsgrad, panelernas effekttoleranser och Watt/kvadratmeter.

Livstidsverkningsgraden anges oftast under en 25 års period t.ex. Sunpower lovar en effektgaranti på 87 % efter 25 år och efter bara 5 år 95 %. Vissa tillverkare lovar efter 2 år en effektminskning på högst 0,6 %, varje år linjärt tills 25 år har gått. Det har visat sig att i Norden klarar panelerna sig mycket längre än lovat p.g.a. mindre soltimmar och kallare klimat.

Livslängden på panelerna är mycket längre än effektgarantin. Det är ännu otestat vad den nuvarande tekniken håller, men 50 år sägs det man kan räkna med.

Rent generellt är det så att om panelen har högre verkningsgrad på full effekt så har den högre verkningsgrad på lägre effekt också. Vissa tillverkare anger effektvärden för paneler också vid låg solstrålning.

Dyrare system har lägre toleranser 0 % till +3 % i effektskillnader medan billigare systems effektskillnader kan vara -5 % till +10 %, detta anges också i specifikationerna.

För att ännu optimera uttagen effekt används s.k. MPPT-optimerare. Det är en DC-DC omvandlare som justerar spänningen och strömmen i modulen så den ligger så nära  $V_{mpp}$  och  $I_{mpp}$  som möjligt. Optimeraren gör det möjligt att ändra lastkaraktären på modulen. Då kan modulen arbeta på sin effektivaste spänning också vid låg solstrålning som kan bero på t.ex. skuggning. Optimeraren gör att du får en jämnare effektkurva under dagen samt större utbyte och mindre förluster i kablage. (3) (4)

## 2.3 Solcellsregulator

En solcell levererar varierande DC spänning. Regulatorn reglerar DC spänningen som solcellen levererar till den spänning som behövs för att ladda batterier eller för växelriktning. Den styr också bort överloppsströmmen till någon form av dumpning så andra komponenter inte blir överbelastade.

### 2.3.1 Regulator för solcellssystem

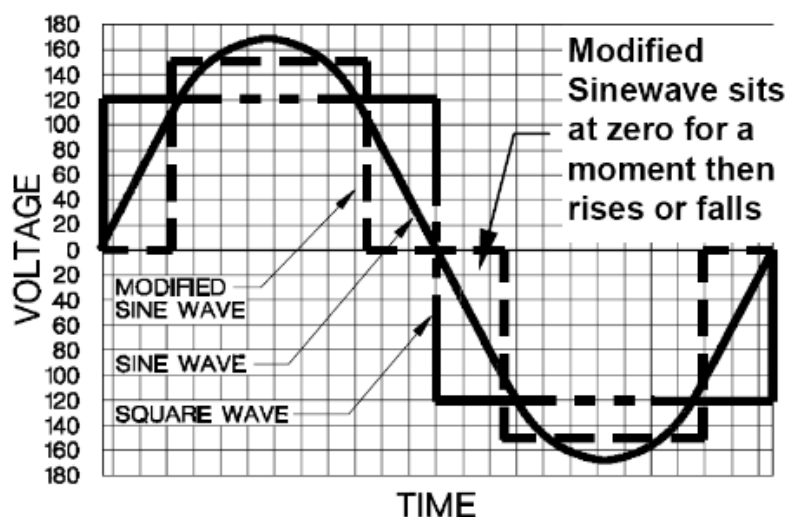
Regulatorn (kontrollbox i figur 1) för solcellssystem kan ha flera uppgifter. Den kan ladda batteripaketet, skicka ut rätt spänning till växelriktaren och i ett on-gridsolsystem skickar den ut överloppselen till elnätet. Eftersom regulatorn styr spänning är det naturligt att det finns en del säkerhetsfunktioner såsom: skydd mot överspänning, skydd mot underspänning, skydd mot överbelastning, skydd mot urladdningar av batterierna, underhållsladda eller -urladda batterier.

MPPT (maximum power point tracker) regulator tekniken är en DC-DC omvandlare som ändrar lasten för att solpanelen ska arbeta på sin optimala spänning och ändra till spänningen som systemet ska ha. MPPT-tekniken gör att du kan ta ut upp till 150 V från din solpanelsanläggning. MPPT-regulatorn ger ut 24 V till invertern och batteripaketet, på så sätt minskas förlusterna i både modulerna och kablarna. Solcellens effektivitet ökar också eftersom MPPT-regulatorn ställer om lasten så alla moduler får arbeta så nära sin optimala last som möjligt. Detta gör det möjligt för solcellerna att arbeta under sin optimala last under en längre tid och gör det möjligt att ladda batterierna på sin optimala spänning under en längre tid. (5) (4) (1)

## 2.4 Inverter

Invertern (växelriktare) omvandlar likström(DC) till växelström(AC) den används både i mindre elektronik och i större elinstallationer som t.ex. att omvandla 12-24 VDC till 230 VAC. Detta är viktigt inom många förnyelsebara energikällor som t.ex. solceller där du får ut väldigt varierande DC spänning men alltid ska ha tillgång till jämn 230 VAC spänning.

De två vanligaste typerna av växelriktare har en s.k. modifierad sinusvåg eller ren sinusvåg som syns på figuren nedan. Ren sinusvåg är att fördra för den är mest lik riktig växelström men kräver flera komponenter och är därför dyrare att tillverka. Modifierad sinusvåg passar inte heller för känslig elektronik för den gör att t.ex. TV-apparater och högtalare ger i från sig ett ganska högt brummande ljud som kan uppfattas störande. (6)



Figur 2 Skillnad mellan ren sinusvåg och modifierad (6)

Skillnaden mellan olika växelriktare är den kontinuerliga effekt den kan ge ut. Små invertrar för t.ex. bil användning ger 300 W och kostar runt 50 €. Det finns en mängd olika invertrar några vanliga är t.ex. 1-fas inverter på 3 kW eller en 3-fas inverter på 10 kW. En 3-fas inverter används för större solcellsanläggningar.

#### 2.4.1 Inverter till solcell

Solcellerna ger DC-ström med varierande spänning beroende på solstrålningen. I en inverter gjord för solceller kan regulatorn vara inbyggd. Skillnaden mellan olika invertrar är, verkningsgraden, hur jämn spänning och frekvens den kan hålla och förstås vilken effekt den är lämpad för.

Verkningsgraden varierar med vilken effekt du tar ut, varje inverter har en märkeffekt där man har som bäst verkningsgrad. Först måste man ha koll på vilken effekt du behöver och vilken effekt solcellerna levererar för att hitta den rätta invertern. I väldigt småskalig elanvändning såsom i en sommarbostad kan det räcka med en billigare inverter med låg verkningsgrad.

Direkt man bygger med flera solceller och on-grid (egnahemshusstorlek) och har möjlighet att sälja sin överskottsenergi så betalar det sig tillbaka snabbt med en effektivare inverter. Av säkerhetsskäl får invertern inte skicka ström till elnätet om det är elavbrott. Då uppstår s.k. ödrift som blir en fara för de som jobbar med elnätet. Enligt standarder så stängs invertern av om elnätets spänning sjunker eller försvinner.

Från invertern hämtas även mätvärden såsom effekt, spänning, energi, strömmar och driftdata som kan användas för att hålla koll på förbrukning. Dessa mätvärden kan laddas upp till webben för uppföljning och felsökning. (7)

## 2.5 Energilagring

Solstrålningen är ojämn och för att kunna ha kontinuerlig drift av ett elsystem behövs ett sätt att lagra överskottsströmmen. Någon form av energilagring behövs för att kunna använda den när solen inte lyser. Energilagring i batterier, alltså kemiskt lagrad el i en elektrolyt med två elektroder är mest synlig i vardagen i telefoner och elektronik. Om du vill lagra din solenergi är den bästa tillgängliga metoden att lagra i batterier. Metallerna och materialet bestämmer batteriets egenskaper. Batterierna är under ständig utveckling och har nu fått extra framfart i och med el- och hybridbilar samt förstås sol- och vindkraftens behov av att lagra energi. Det finns flera andra metoder t.ex. vattenpumpstation för att lagra elen i större skala men för egnahemshus och sommarbostäder är det batteripaket som gäller.

### 2.5.1 Batteripaket för solsystem

Batteripaket för fritidsbostäder har under en längre period varit bly-syra batterier då av AGM(absorbed glass mat) typ. AGM blybatteri innehåller ingen flytande vätska och är därför lättare att underhålla, snabbare att ladda upp till full kapacitet och säkrare eftersom de inte kan frysa sönder och börja läcka.

Nuförtiden har Litiumjon(Li-ion) batterier blivit allt vanligare för kommersiell användning där stor kapacitet behövs. Li-ion batterier finns i flera olika metall konfigurationer t.ex. LiFePO<sub>4</sub>(Litiumjärnfosfat) med 12 kWh kapacitet som erbjuds på legoelektronik.se enkom för användning i solsystem. Li-ion tekniken har länge dominerat marknaden för mindre elektronik. Li-ion batterier har hittills varit allt för dyra för att tillämpa i större kapacitet. I och med en ökad marknad för elcyklar och elbilar finns därmed behov att bygga energitätare och lättare batterier. Därför har utvecklingen kommit igång på riktigt och priserna börjat sjunka. Li-ion tekniken klarar av mycket flera laddningscykler och har bättre verkningsgrad än blybatteri. (8) (9)

Valet av batteri beror helt på vad solsystemet ska användas till. Ska du ha flera dagars kapacitet eller några få timmar? Hur stor effektanvändning har hushållet under användningstiden? Går det att begränsa effektanvändningen? Prisskillnaderna är stora och investeringen stor, så med ett on-gridsystem löns i de allra flesta fall att sälja överskottselen istället för att lagra i allt för stor utsträckning.





*Figur 3 Batteripaketet som jag använde mig av*

## 2.6 Reservsystem

Reservenergi måste finnas tillgängligt eftersom solen inte räcker till för kontinuerlig användning året om. Detta gäller förstås bara off-gridinstallationer eftersom on-grid (som namnet säger) är uppkopplat på elnätet. Reservenergi ordnas enklast med någon form av diesel/bensingenerator.



*Figur 4 Bensingeneratoren som användes i mitt projekt*



### 3 Strömanvändningen i sommarstugan

För att välja rätt komponenter måste du räkna ut det teoretiska effektbehovet för sommarstugan här lönar det sig att inte överdimensionera eftersom hög ström förbrukning betyder dyrare komponenter och lägre verkningsgrad på anläggningen om man inte använder dess kapacitet fullt ut.

#### 3.1 Strömbehov

Detta system kommer ha vissa begränsningar du kan inte lämna på alla apparater och förbruka hur mycket som helst. Här måste man göra kunden medveten om olika elmaskiner och hushållsapparaters elförbrukning. Strömbehovet måste begränsas så att du även under höstmånaderna kan använda system utan att du direkt blir utan ström. Här nedan kommer en lista med effekt behovet på olika apparater och hur man bör göra för att minska strömanvändningen.

Listan nedan informerar om hur apparaterna bör användas i batteridrift. Samma lära om att minska energiförbrukningen gäller nog också för on-gridsystem men på batteri drift riskerar man bli utan ström om man inte håller koll på energiförbrukningen.

- Belysning totalt ca 45 W, använd LED-lampor för att minska förbrukningen drastiskt.
- Dammsugare ca 800 W-2000 W. Dammsugare har ofta ställbar effekt vilket är något man bör ställa till halv effekt om möjligt. Dammsugaren suger tomt batteriet ganska snabbt
- Cirkelsåg ca 1800 W. Bör inte användas på batteri drift
- Vattenkokare ca 900 W. Koka helst vattnet på annat sätt. vatten kokare är ganska belastade för batteriet även om den används en kort stund
- Kaffekokare ca 900 W. Lämna inte på kaffekokaren i onödan drar relativt mycket ström.
- Kylskåp 100 L för husbilsbruk medel förbrukning ca 18 W. Håll kylskåpet i kylig miljö för att minska strömmen som krävs för att kyla ner.
- Mobilladdare ca 15 W
- Datorladdare ca 60 W
- Spis 1-fas ca 3000 W. El spis fungerar inte till detta ändamål
- TV liten ca 100 W

Listan ger en fingervisning hur olika apparater kan användas och vilka som inte fungerar. Till näst ska jag ge förbruknings exempel från projektet.

## 3.2 Teoretisk förbrukning

Förbrukningen är den ström som går åt under en viss tidsperiod och uttrycks i watt per timme (Wh). Nedan ska jag ge några räkneexempel på min installation.

Batteripaket är 12 V och 210 Ah

$$I := 210 \text{ A} \cdot \text{hr} \quad U := 12 \text{ V}$$

$$P_{\text{batteri}} := U \cdot I = 2520 \text{ W} \cdot \text{hr}$$

$$P_{\text{dammsugare}} := 1200 \text{ W}$$

$$\frac{P_{\text{batteri}}}{P_{\text{dammsugare}}} = 2.1 \text{ hr}$$

Batteripaketet är 2520 Wh i teorin kan du köra en dammsugare på 1200 W i 2,1 h om batteriet är fullt laddat.

Om all belysning lyser på samma gång tar det 56 h att tömma batteriet

$$\frac{P_{\text{batteri}}}{P_{\text{bel}}} = 56 \text{ hr}$$

Exempel en normal mulen dag (24 h)

- Belysningen används till 25 %
- Kokar kaffe 1 h
- Tittar TV 4 h
- Kylskåpet på dygnet runt
- Laddar mobilen 2 h

$$P_{\text{bel25\%}} := 11.25 \quad P_{\text{kaffe}} := 900 \text{ W} \quad P_{\text{kylskåp}} := 18 \text{ W} \quad P_{\text{TV}} := 100 \text{ W} \quad P_{\text{mobil}} := 15 \text{ W}$$

$$P_{\text{bel25\%}} \cdot 24 \text{ hr} + P_{\text{kaffe}} \cdot 1 \cdot \text{hr} + P_{\text{kylskåp}} \cdot 24 \cdot \text{hr} + P_{\text{TV}} \cdot 4 \cdot \text{hr} + P_{\text{mobil}} \cdot 2 \text{ hr} = 2.032 \times 10^3 \text{ hr}$$

På ett dygn har du teoretiskt använt 2032 Wh alltså 80 % av batteriets kapacitet, då har du inte mycket kvar för övrig elektrisk utrustning.

### 3.3 Verklig förbrukning

Till att börja med så är detta en sommar stuga och belysningen används inte till hela 25 % utan belysningen används bara någon timme under kvällen. Beräkningen visar ändå att man ska ta i beaktande förbrukningen eftersom man snabbt kan tömma batterierna med oaktsamhet.

Vad är poängen med den valda kapaciteten om du är utan ström efter ett dygn? Solpanelerna laddar stor del av dagen även när det är mulet om molntäcket inte är riktigt tjockt. Förutom att solpanelerna "fyller på strömmen" så höjs även spänningen på batteriet. Högre spänning betyder mera effekt så dagtid kan du räkna med högre spänning 13 V till 13,8 V utan större belastning. När du ökar belastningen t.ex. kokar kaffe sänks spänningen vilket leder till att allting drar mera ström. 12 V är ett slags medelvärde för batteriets effektiva spänning som är mellan ca 11,2 V – 12,7 V beroende på hur mycket ström som finns kvar i batteriet och batteriets kvalitet.

Belysnings belastningen är relativt liten och då är spänningsfallet och batteriets inre resistans mindre vilket gör att LED-belysningen lyser längre än 56 h. Detta beskrivs i batteritekniken som Peukerts's law där batteriets Ampere timmars kapacitet alltså "210 Ah rated current at 20 hrs" betyder att man tömt batteriet på 20 h med ett jämnt strömuttag och uppnått 210 A. Det är ett standardiserat sätt att mäta batteriernas kapacitet på. Batteritypen och användningsområdet avgör tidsintervallet man tömmer batteriet på.

Peukerts's law princip går ut på att under ju längre tid(lägre belastning) du tar ut ström ju mer Ah går det att få ut ur batteriet. Då du har relativt hög belastning t.ex. en dammsugare i denna installation så sänks mängden ström du kan få ur batteriet. Man kan alltså tömma batteriet med väldigt låg belastning och på så sätt få fram ett högre Ah-värde som inte är praktiskt användbart. Batteriets kapacitet ökar alltså om du bara har på bara LED-belysningen. Med Peukert's law får man uträknat att batteriet räcker i 65 h om man har på all belysning. I praktiken varierar timantalet mycket men det fungerar som fingervisning. (10)

Hurudan förbrukning kan man räkna med då?

Vid "Normal" förbrukning på en sommarstuga med små belastningar, kylskåp, belysning, telefonladdning, datorladdning och TV, så räcker en litet AGM batteripaket på 210 Ah för 2–3 dagar mulet väder. Men använder du något med hög belastning som vattenkokare, kaffekokare, dammsugare ska du ha bra koll på hur mycket batterikapacitet som finns kvar. Man ska inte ha på dessa mer en 15–20 min åt gången och aldrig på samma gång som någon annan förbrukare. Har du däremot 70–80 % batteri kvar och det är soligt väder är det inga problem. Dammsugaren kan på 40 min sänka spännings nivån till en obrukbar nivå för resten av 230 V apparaterna.

Apparater som drar mer än 1000 W ska inte användas på batteridrift därför är det viktigt med reservström. Bensingenerator ger direkt 230 V i uttagen samtidigt som den laddar batterierna.

### 3.4 Begränsningar vid förbrukning

För att hålla priset på en rimlig nivå begränsar jag effektuttaget till 2000 W. Det är tillräckligt för en kraftigare byggnadsmaskin t.ex. cirkelsåg. Batteripaketets pris skenar snabbt iväg därför valdes ett relativt litet men pålitligt 12 V AGM batteripaket på 210 Ah och solpanel på 150 W. Solpanelen är flaskhalsen i denna installation och bör utökas om man vill vara på säkra sidan när det blir höst.

Elspis och elugn är alltför påfrestande för batteripaketet och lämpar sig inte för denna installation. Istället blir det gasspis och gasugn och då passar det bra att använda sig av ett gaskylskåp. På marknaden finns kombinerad 12 V och gaskylskåp. Eftersom de kombinerade 12 V kombinerade gaskylskåpen använder sig av absorptionsplatta istället för kompressor drar de mycket mera ström än 12 V kompressorkylskåpen.

Resultatet är små förbrukare på batteridriften och större förbrukare på generatordrift för att batteripaketet ska hållas i bra skick.

## 4 Elinstallation

Sommarstugan hade ingen belysning eller elmaterial överhuvudtaget från förr och var inte heller planerad för en elinstallation. Här beskrivs från grunden hur jag planerade installationen och varför jag valde 12 V system. Elplanritning bilaga 1 och elschemaritning bilaga 3.

### 4.1 Komponentval

Vanligaste lågspänningssystemen man använder sig av är 12 V och 24 V. Eftersom bilindustrin använder sig av 12 V i personbilar och husbilar har 12 V blivit standard. Ett 24 V system har mycket mindre förluster. Strömmängden minskar med hälften i ett 24 V system jämfört med 12 V och spänningsförlusten minskar med hälften. Procentuellt sett minskar förlusterna ännu mera med 24 V. 24 V har flera fördelar för batteripaket och kablar. Som tidigare nämnt höjs batteriets kapacitet vid lägre strömuttag. Om batteriets spänning höjs till 24 V sänks strömuttaget till hälften vid samma belastning och det leder till högre batterikapacitet. När spänningen ökar i kablar och kopplingar minskar strömmen och därmed minskar värmeutvecklingen som annars ökar resistansen som i sin tur bidrar till mera förluster.

Varför envisas med 12 V när systemets kapacitet lider och förlusterna höjs?

Jo, för enkelhetens skull! Elinstallationen är så liten, förlusterna som uppstår blir relativt små. Att betala ett dyrare pris för 24 V system är inte lönsamt. Solpanelen ger dessutom en laddspänning mellan 0 V–16 V beroende på solstyrka så för att kunna ladda 24 V batteriet krävs två seriekopplade solpaneler och ännu flera battericeller. 12 V marknaden är mycket större än 24 V. Det finns fler apparater och belysning som passar direkt till 12 V batterispänning än 24 V och man slipper omvandla spänningen med en DC–DC omvandlare.

Batteritekniken som gäller i dagsläget är Litiumjon batterier. Litiumbatterier använder helt annan spänning eftersom Cell-spänningen är 3,7 V då kan vanligt batteripaket ha spänning på 74 V (20 celler t.ex. elcykel). Li-ion tekniken har inte riktigt slagit genom i den småskaliga solpanelbranschen men för större anläggningar som egnahemshus erbjuds nog Litiumbatteri. De litiumbatterier som tillverkas idag har mycket högre spänning än de som användes tidigare och utvecklingen går snabbt framåt. Litiumbatterier blir allt säkrare och billigare och kommer att konkurrera ut AGM och bly-syra batterier. Orsaken att AGM valdes i detta projekt är driftsäkerheten och priset.

#### 4.1.1 NV-2000 Power Inverter

Ren sinusvåg inverter 12 VDC till 230 VAC med topp effekt 4000 W och kontinuerlig drift 2000 W. Topp effekten behövs när man startar en elmaskin då den en kort stund tar lite mera än märkeffekten. Invertern har inbyggd lågspänningsvarnare (mellan 10.5 V–11,5 V) och stänger av sig själv vid låg spänning (ca 10,5 V) detta för att batterierna inte ska förstöras. 12 V apparaterna kan fortfarande användas fast invertern varnar. 2000 W är mer än tillräckligt för stugans behov om man tittar på projektets kriterier. Man ska helst inte använda mer än 1000 W på batteridrift så 2000 W är i överkant och därför finns det möjlighet att utvidga batteripaketet för att ta ut större effekter. Bilaga 4 för specifikationer.

#### 4.1.2 Solpanelspaket (batteri, regulator, panel)

En stycken 150 W monokristallin solpanel med tillhörande regulator NAPS15-N och 210 Ah AGM batteri. På regulatorn kan man avläsa hur mycket kapacitet man har kvar i batteriet i procent.

Paketet som blev vald till sommarstugan hade högsta prioritet driftsäkerhet och pris. Det blev inköpt för fyra år sedan. Mycket har hänt under fyra års tid så i skrivandes stund kan jag medge att tekniken som användes är något föråldrad. Längre fram i arbetet går jag närmare in på modernare batteriteknik och solcellsteknik.

Solpanelens laddström är max 8 A. Den effektiva laddströmmen under dagen är närmare 5 A–6 A en solig dag. Det tar 28 soliga timmar att ladda batteriet till 80 % från helt tomt. Detta räcker bra under sommaren men redan i slutet av augusti och september är det inte säkert solen räcker till p.g.a. färre soltimmar. Uppgradering till 300 W solceller skulle lösa detta problem. Tyvärr har jag inga specifikationer på exakt denna panel utan dessa värden är uppmätta på plats.

#### 4.1.3 Elmaterial

Här under en lista över materialet jag använde mig av:

**Eluttag:** ELKO:s standard 230 V eluttag på inverter driften. Jordkabeln blev inkopplad på 230 V uttagen även fast det inte är nödvändigt i en sluten installation som denna.

**Lamputtag:** 12 V påputs uttag med större pluspol så man inte kan svänga kontakten fel

**Kablar:** MMJ 3x2,5 mm<sup>2</sup> till all belysning och uttag. MKEM 50 mm<sup>2</sup> fintrådig mellan inverter och batteri. MKEM 16 mm<sup>2</sup> i centralen. 6 mm<sup>2</sup> fintrådig kabel från solpanel till regulator. Jag valde

grövre storlek för att minska spänningsförlusten ju grövre desto bättre men man måste dra gränsen någonstans när det inte är lönsamt längre.

**Elcentral:** Två fuktsäkra elcentraler. Ena centralen fungerade som 230 V central med en 16 A säkring är för alla 230 VAC eluttag och styrrelä för generator, inverter och laddaren. Styrreläet måste ha fördröjning mellan till och frånslag eftersom generatorn kan gå ojämnt av många olika orsaker. Relät brinner p.g.a. snabba till och frånslag när generatorn går ojämnt. Snabba spänningsfall gör att relät släpper och drar igen. Fastän relät kan ha garanti på upp till 10 000 till och frånslag så brinner brytarspetsen av värmen som uppstår om brytarspetsen inte får vila.

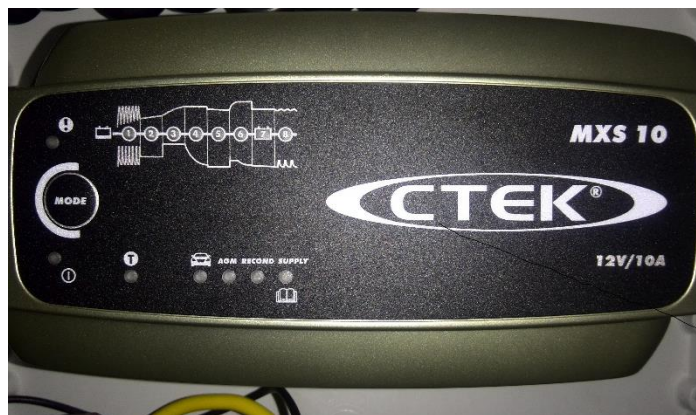
Den andra centralen är 12 V central med 8 säkringar för belysning, uttag, och vattenpump och 230 VAC batteriladdare. Se elschema ritning som bilaga 2.

**Belysning:** Inne belysning blev 5 W LED-lampor med brytare på armaturen enligt kundens preferens. Utebelysningen på 5:ans brytare vid ytterdörren

**Köket:** Bänkuttag med 230 V och 12 V LED-lampa. Vattenkran med vattenpump på utsidan och slang ner till stranden. 12 V kylskåpsuttag. Spis som tidigare nämnt blev en gasspis.

#### 4.1.4 Generator och batteriladdare

För att inte tömma batteriet och förstöra det blev det köpt en CTEK 8-steps 12 V/10 A laddare med temperatursensor(bilaga 6 specifikationer). Laddaren är driven av 2000 W 230 VAC bensingeneratorn, KIPOR sinemaster IG2000. När batterierna ska laddas eller när en kraftfullare elmaskin ska användas så startas generatorn som då automatiskt kopplar bort inverterdriften och 230 VAC uttagen körs direkt från generatorn.



Figur 5 Ctek batteriladdare

Batteriet får laddas ifred utan parallellbelastningar. Generatorn kan användas för att underhållsladda batteriet under vintermånaderna. Att ladda batteriet från helt tomt till 80 % tar 15 h det kan kännas som en lång tid men batteriet får aldrig bli helt tomt och oftast är du mer än 15 h på stugan när du väl är där. Generatorns tank(3,7 l) räcker 4 h på fulleffekt enligt specifikationerna, men av egen erfarenhet kan jag säga att tanken räcker 7-9 h beroende på effektanvändning.



## 4.2 Kabeldimensioneringen

Här förklaras varför det användes grövre kablar än vanligt. Börjar med invertern som är viktigast. Beräkningar som bilaga 2

När full effekt 2000 W från invertern används förbrukar den 166 A. Körs 166 A genom en 2 m 25 mm<sup>2</sup> kabel är det ett spänningsfall på 0,48 V. Om man använder en 50 mm<sup>2</sup> kabel har du endast 0,24 V spänningsfall. I en 230 V installation är detta försvinnande lite men i en 12 V installation är det en stor förlust. Tänk dig att invertern vill ha minst 11,2 V och polspänningen för tillfället är 12 V då får invertern endast 11,52 V och är på gränsen att automatiskt stänga ner sig. Detta är en delorsaken till varför jag rekommenderar att inte ta ut mer än 1000 W och därför är det viktigt att dimensionera i överkant när det gäller lågspännings installationer. För att motverka detta problem ska man ha så korta och grova kablar som möjligt. Redan 5 m 50 mm<sup>2</sup> kabel med samma strömmängd blir det spänningsfall på 0,60 V. Förlusterna minskar också drastiskt vid lägre strömuttag till exempel 200 W effektanvändning 2 m 50 mm<sup>2</sup> kabel får ett spänningsfall på endast 0,02 V. Spänningsförlusten i kablar och kopplingar är därför en bra orsak till att ha grova kablar. Den förlorade energin är förlorad batterikapacitet och batteriet är den vitalaste delen i installationen.

Belysningen räcker bra med 2,5 mm<sup>2</sup> kabel för det högsta spännings fallet är 0,17 V och det blir vid den längsta kabeln (14 m) med 2st. 5 W LED-lampor.

## 4.3 Placering av komponenter

Jag började med att välja ut en passande vägg som var undangömd och med så korta kablar till solpanelen och batteripaket som möjligt. Prioritet ett var att få så korta kablar som möjligt mellan inverter och batteripaket eftersom där sker den största effektförlusten.

Solpanelen placerades ovanför burspråket i sydlig riktning med ca 50 graders lutning, med en luftspalt mellan taket och panelen.

Elcentralerna blev placerade i sovrummet rakt ovan för batteripaketet som förvaras under golvet på utsidan av sommarstugan.



Figur 6 Batteripaketets placering och en del av kabeldragningen under sommarstugan



Bensingeneratoren blev placerad 30 m från stugan i en ljudisolerad låda för att minska på bullernivån. En 2,5 mm<sup>2</sup> gummikabel blev nergrävd från generatoren till husgrunden och upp till 230 V centralen. Vattenpumpen placerades på utsidan och kopplingsdosan bredvid den för att enkelt kunna byta om fel uppstår.

Batteripaketet fick ett eget underlag på utsidan under huset och rakt under invertern och 12 V centralen. Batteripaketet behöver ventilation och är därför inte lämpligt att placera på insidan. Man kunde bygga ett isolerat utrymme för batteriet för att motstå kylan bättre. Men då måste man kontrollera att batteriet inte blir för varmt går och sönder. Därför är det säkrast och användarvänligast att bara ha ett tak som skydd. Gasflaskans slutliga placering är inte som på bilden den är en bit ifrån batteriet av säkerhetsskäl.

#### 4.4 Materialkostnader

Priset på installationens olika komponenter i tabellformat med nuvarande priser.

Grundutrustningen			
Komponent	Namn och modell	Pris (€)	% av materialkostnader totalt
Generator	Kipor IG 2000	490	15,7 %
Akuladdare	Ctek MXS 10	150	4,8 %
Solpanel	150 W monokristallin	200	6,4 %
Regulator	Naps NC 15	150	4,8 %
Batteri	Naps AGM 210 Ah	500	16,1 %
Inverter	NV-P2000 Power inverter	300	9,6 %
Vattenpump		200	6,4 %
<b>Totalt</b>		<b>1990</b>	<b>63,9 %</b>
Elmaterial			
	Delar	Pris (€)	
Elcentral	Kabel, säkringar, kopplingspunkter, IP44 lådor, ellister, relä, huvudbrytare, övrigt	570,4	18,3 %
Kabel	MMJ 3x2,5 150 m, MKEM 50 4 m, AJMY 6 10 m, H07RN-F 3x2,5 30 m	298,89	9,6 %
Övrigt	Brytare, uttag, belysning, skruvar, lister, fästen, och övrigt	254,68	8,2 %
<b>Totalt</b>		<b>1123,97</b>	<b>36,1 %</b>
<b>Materialkostnader Totalt</b>		<b>3113,97</b>	<b>1</b>

Table 1 Materialkostnader

I tabellen finns köksbänkbelysningen medräknad men alla andra armaturer och LED-lampor är inte inräknade för kunden köpte armaturerna själv. Spis och kylskåp är inte heller inräknat i detta pris för kunden köpte också dessa själva. Gasspis runt 200 €–500 €, kylskåp runt 300 €–700 € för 100 liters skåp, armaturerna ca 100 €.

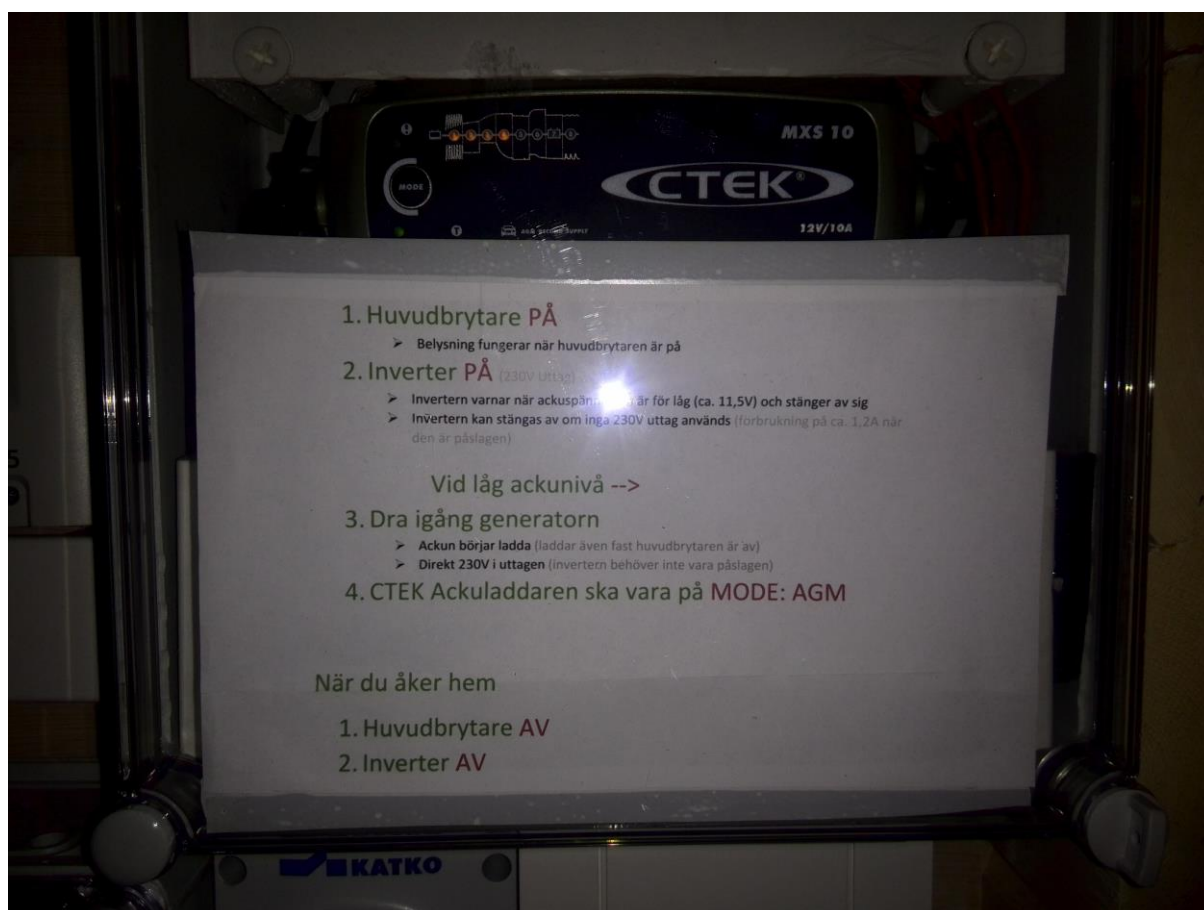
## 5 Hur man använder systemet

Kapitel 5 behandlar vad man kan förvänta sig av systemet, eventuella svårigheter, bruksanvisning samt hur långt in på hösten kommer systemet att fungera. Här beskrivs tydligare vad man kan förvänta sig av installationens kapacitet.

### 5.1 Bruksanvisning med förklaringar

Nedan följer en mer detaljerad plan hur elsystemet fungerar rent praktiskt och en bruksanvisning för användaren.

Jag skrev en bruksanvisning som fästes på elcentralen.



Figur 7 Bruksanvisningen

1. Huvudbrytaren bryter strömmen från batteripaketet, då blir invertern och 12 V centralen strömlöst. Enda som inte bryts är laddningen från Ctek batteriladdaren och regulatorn.

2. Invertern ger ström till 230 V uttagen. Ha endast på invertern när uttagen är i användning eftersom invertern har en tomgångs strömanvändning på 1,2 A även fast inget uttag är i användning.  
Om invertern börjar varna för låg spänning, den ger ifrån sig ett gällt ljud, så bör man stänga av invertern. Eftersom invertern varnar rätt tidigt (ca 11,5 V) kan man ännu använda den en liten stund om man inte tänker använda mera batterikapacitet efteråt utan att ladda batteriet. Invertern har också automatisk avstängning vid 10,5 V om man dragit batteriet så tomt att invertern automatiskt stängt av sig ska man inte lämna batteriet utan att ladda det, alltså starta generatorn. Ett exempel om du varit på stugan 3 dagar och ska åka hem. Du startar då dammsugaren för att städa och inverter börjar efter en stund att varna. Då kan du dammsuga färdigt och om invertern inte har stängt av sig automatisk kan du lämna stugan och låta solen ladda batteriet istället för att starta generatorn.
3. Det finns tre orsaker till att starta generatorn  
Orsak 1. Låg batteri nivå den kan du se på regulatorns display, eller som tidigare sagt om invertern varnar  
Orsak 2. Du ska använda en större 230 VAC elmaskin, fläkt, cirkelsåg, värmare eller liknande  
Orsak 3. För att underhållsladda batteriet när det inte finns sol eller när du lämnar stugan och råkar ha tömt batteriet helt.
4. När du startat generatorn börja Ctek laddaren att ladda batteriet tillsammans med solpanelen som alltid är påkopplad på batteriet. Styrelät kopplar bort invertern från 230 VAC uttagen och 230 VAC spänningen ersätts istället med generatorns egna 230VAC spänning. Då laddas batteriet utan att invertern fungerar som parallellbelastning. 12 V utrustningen går fortfarande direkt från batteriet om huvudbrytaren är på. Även fast huvudbrytaren är av får du 230 V i uttagen om generatorn är igång.
5. Alltid när du lämnar stugan ska huvudbrytaren stängas av. Om man har 12 VDC kylskåp och vill lämna på det så ska man vara medveten om att batteriet kan tömmas och förstöras om det glöms bort. Det användarvänligare alternativet är att köpa gaskylskåp. Om batteriet är tomt när du lämnar stugan kan du starta och lämna på generatorn. Generatorn stannar när tanken är tom och solen sköter resten. Detta kan vara praktiskt om man misstänker att solen inte hinner ladda batteriet tills nästa visit.

## 5.2 Tillgänglig energi

Tillgängliga solenergin räknas inte i detta arbete från grunden. Har använt en solenergiräknare som rekommenderats på Bengt Stridhs (7) sida. Samma räknare används på solenergiforum runtom i världen.

Beräknaren heter: "Photovoltaic Geographical Information System" och är gjord av CM SAF(The Satellite Application Facility on climate monitoring). Räknaren stämmer riktigt bra. Den räknar lite i underkant här uppe i norden vilket bara är bra ur dimensionering syfte så det säkert räcker till.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Räknaren ger medelvärdet i kWh per dag i den givna månaden:

Juni månad 150W solpanel 14% förluster i omvandlare och kablar. 50 graders vinkel

Totala förluster 21,5% med tanke på låg temperaturer, låg strålning och solens vinkel.

Förluster i omvandlarna och kablar räknar man ut själv resten av förlusterna styrs av koordinat valet i solenergiräknaren

$$E_{\text{dag}} := 820 \text{ W}\cdot\text{hr} \quad E_{\text{mån}} := 24700 \text{ kW}\cdot\text{hr} \quad P_{\text{batteri}} := 2520 \text{ W}\cdot\text{hr}$$

$$\frac{P_{\text{batteri}}}{E_{\text{dag}}} = 3.073 \quad \text{Det tar 3 dagar att ladda batteriet fullt}$$

September månad tar det nästan sex dagar att ladda batteriet från tomt till fullt i medeltal

$$E_{\text{sep}} := 450 \text{ W}\cdot\text{hr} \quad \frac{P_{\text{batteri}}}{E_{\text{sep}}} = 5.6$$

Redan i slutet av september kan du bli utan ström om du använder stugan varje veckoslut. Det är förstås helt beroende på hur många dagar det är mulet i sträck.

I beräknaren behöver vi inte ta i beaktande modulverkningsgraden för vi har ingen bestämd area på systemet utan räknar med säkra 150 W minus förluster såsom:

- Låg solvinkel(reflekterar)
- Låg temperatur sänker modulverkningsgraden, 8 % förlust på monokrystallin panel
- Soltimmar per månad
- Vinkel på panelen
- Väderstreck och stationär eller rörlig
- Skuggnings tid, i denna beräkning användes horisonten som soltid alltså ingen skuggning.
- Dagsverkningsgraden på uttagen laddström

Alla dessa parametrar bestäms enligt koordinaterna i räknaren.

## 6 Resultat

Elinstallationen har nu i skrivande stund varit i användning två somrar den blev färdigställd i Maj 2015. Jag har hört med kunden flera gånger och han är nöjd och har inte haft några som helst problem förutom att huvudsäkringens brann en gång. Då fick jag verkligen lära mig att bra kontaktytor är A och O på lågspännings installationer med höga strömmar. Efter att huvudsäkringens brunnit byttes huvudsäkringshållaren ut till en brandsäker och tät glassäkringshållare med säkring på 200 A. Tidigare hade en greppsäkringshållare från en 400 V central använts men brandfaran var uppenbar så den byttes. Kontinuerlig användning fungerar inte om man inte skaffar flera solpaneler men det var ju inte heller kravet för installation.

Målet var också att få ett så lätt använt system som möjligt. Men lika bra användarvänlighet som ett on-gridsystem fick jag inte till stånd fastän målet var så. Det finns ännu många finesser jag kunde ha använt mig av för att automatisera och slippa de manuella.

Största problemen är:

- Du måste vara noga med batterinivån
- Lägga på inverter manuellt
- Du kan fortfarande förstöra batteriet om huvudbrytaren lämnas på
- Starta generatorn manuellt och serva generatorn
- Underhållsladda batteriet

Om kunden inte behöver/vill ha mera finesser så får man lita på att de kan sköta om systemet. Självklart blir det större investeringskostnad att fixa dessa problem men mera om det i Kap. 7. Diskussion.

## 7 Diskussion

Om jag skulle planera ett nytt liknande off-gridsystem skulle jag helt klart förespråka 24 VDC system om man ska använda sig av AGM batterier. Jag upptäckte så många fördelar med 24 V system och marknaden för delarna finns nog fastän inte i samma utsträckning som 12 V. I arbetet så jag att man behöver två solpaneler för 24 V systemet vilket är sant om man använder sig av en likadan panel som i projektet. Men det finns paneler med mycket högre spänning som skulle vara mycket mer ändamålsenlig för off-gridstugor. 12 VDC system och 150 W panel är mera tänkt för husbil eller båt där allt redan använder 12 V. Solpanelen och batteriet blev inköpt några år tidigare innan jag ens hade fått projektet. Jag hade ingen inverkan på solpanelsvalet. Om jag idag skulle köpa panelen skulle det bli 300 W modul med MPPT och en MPPT-regulator. Då kan man få ut en jämn spänning över 100V under hela dagen vilket möjliggör att ha uppemot 108V litiumbatteri som strömlagring. Litiumbatteriet är mycket dyrare än AGM batteri men i och med MPPT-teknik som ställer om spänningen så kan du mycket väl använda dig av AGM 24 VDC system och sedan uppgradera till Litiumbatteri och kanske t.o.m. använda 230 VAC på allt installationsmaterial. Någon man kunde göra för att bättre ta tillvara på solenergin på hösten är att vinkla solpanel till 70 graders lutning. Då får man sämre årsutbyte men på sommaren har man oftast överskott av solenergi så panelens lutning behöver inte vara optimal för att energin ska räcka till. 70 grader skulle dock vara en mer optimal lutning på hösten och om man har panelen nere vid stranden tar man även bättre tillvara på strålningen som reflekteras från vattnet då panelen står rakare upp.

Angående användarvänligheten och problemen som listades i Kap. 6 Resultat.

- Problemet med att generatoren måste servas och tankas finns det inte mycket man kan göra åt. Man kan skaffa extern större tank och en generator med startmotor som styrs av PLC med spännings- och strömmätare. Startmotorn startar när extra stor förbrukare kopplas in eller när spänningen sjunker under 11,5 V eller 10,5 V
- En automatisk styrning till invertern kan programmeras. När något kopplas in i uttaget får PLC:n en impuls som startar invertern.
- Den manuella huvudbrytaren byts till en kontaktor. PLC:ns spännings mätare ser till att batteriet inte töms och kontaktorn bryter vid låg spänning. Dessutom är kontaktorn(huvudbrytare) på timer som startar om varje gång en lampknapp eller uttag aktiveras. Om något glöms på kommer kontaktorn att släppa när timern gått slut.
- Underhålls laddningen kunde på samma sätt skötas med timer t.ex. en gång i månaden eller i veckan under vintermånaderna



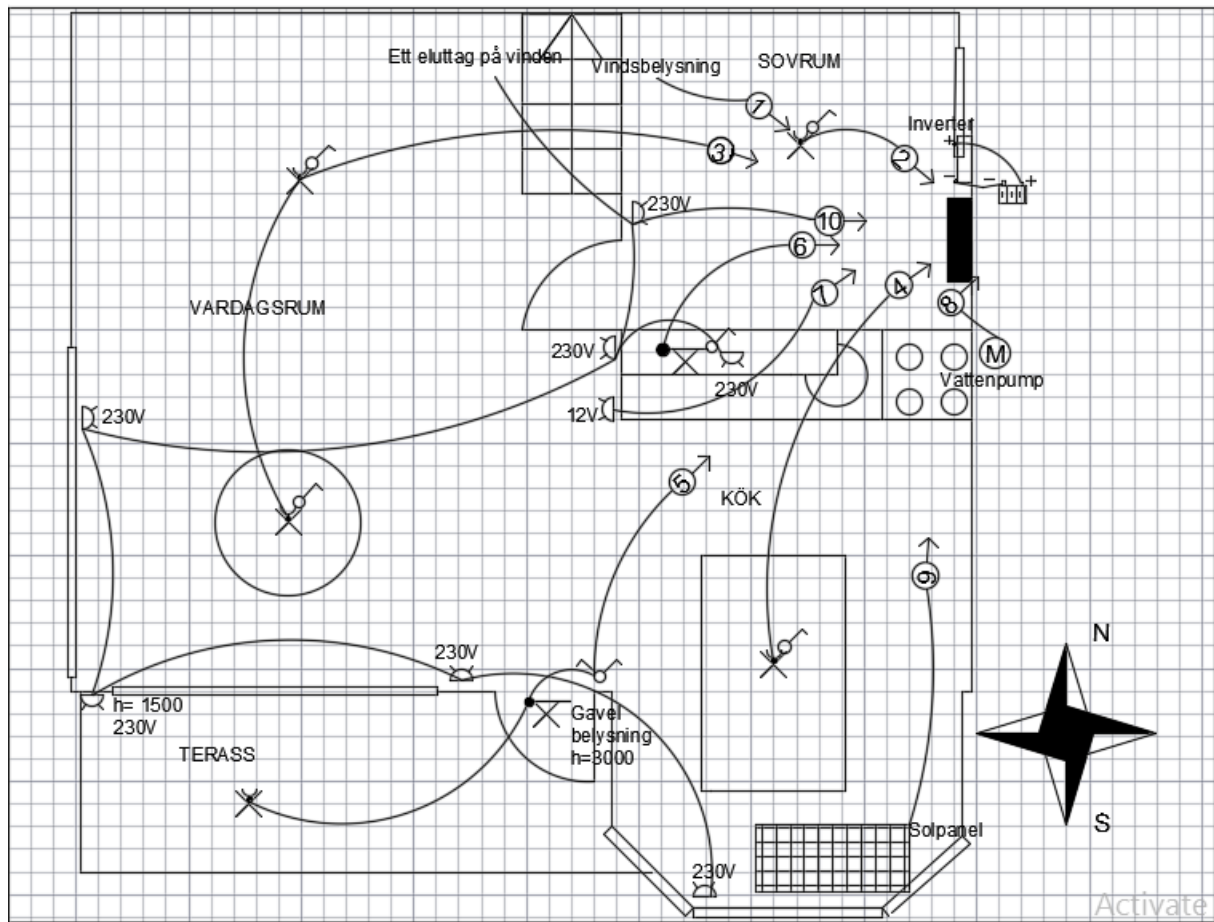
Med dessa lösningar kunde man få en elinstallation som till närmast liknar en on-gridinstallation men om man inte vill slösa bränsle måste du fortfarande hålla koll på batterinivån.

Det effektivaste systemet är litiumjon batterier. Det finns många olika Litiumbatterier och deras marknad växer snabbt och utvecklingen tar stormsteg. För tillfället gäller litiumjon batteriet  $\text{LiNiMnCoO}_2$  (litium nickel mangan kobolt) som bl.a. Teslas nyaste elbilar använder. Kompletta Solpanelspaket för on-gridegnahemshus där det är möjligt med försäljning av överskottselektricitet använder sig av Litiumbatterier. Småskaliga solpanelsystem använder ännu sig oftast av AGM-batterier. I egnahemshus installationer använder man sig av automatiska 3-fas inverterar. Där kan man avläsa producerad energi och man säljer automatisk sin överskottsel. Om man vill kan man ha invertern uppkopplad till internet för enkel uppföljning av alla mätvärden. Där ritas grafer upp och man kan snabbt se om allt står rätt till. MPPT-teknik på varje enskild modul gör att man kan följa upp mätvärden för enskilda moduler så man snabbt ser om någon modul har gått sönder eller börjar underprestera av olika orsaker t.ex. skuggning, täckt av något, söndrig cell eller bara ålder.

## 8 Källor

1. **sunfadgroup**. [www.sunfadgroup.com](http://www.sunfadgroup.com). [Online] [Citat: den 27 11 2016.]  
([http://www.sunfadgroup.com/projects/Wind-Solar%20Hybrid%20System/434257710\\_119.jpg](http://www.sunfadgroup.com/projects/Wind-Solar%20Hybrid%20System/434257710_119.jpg)) .
2. **Honsberg, Christiana och Bowden, Stuart**. Pveducation.org. [Online] [Citat: den 6 6 2016.]  
<http://www.pveducation.org>.
3. **Produkt specifikationer**. [Online] <http://www.kraftpojka.se/>.
4. **Stridh, Bengt**. [Online] <http://bengtsvillablogg.info/2015/12/06/var-utbyggda-solcellsanlaggning/>.
5. **Maximum power point tracking**. [Online] [Citat: den 6 6 2016.]  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum\\_power\\_point\\_tracking](https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracking).
6. **Regulator solpanel**. [Online] [Citat: den 6 6 2016.]  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Charge\\_controller](https://en.wikipedia.org/wiki/Charge_controller).
7. **Doucet, Jim, Eggleston, Dan och Shaw, Jeremy**. *DC/AC Pure Sine Wave Inverter*. 2007.
8. **Bengt, Stridh**. Bengts nya villa blogg. [Online] <http://bengtsvillablogg.info/>.
9. **Energy Storage Association**. [Online] [Citat: den 13 6 2016.]  
<http://energystorage.org/energy-storage>.
10. **Messing, Lars och Lindahl, Sture**. Inventering av framtidens el- och värmeproduktionstekniker - Delrapport energilagring. [Online] 2008.  
<http://www.elforsk.se/Rapporter/?rcid=4>.
11. **Batterystuff.se tech**. Peukert's Law | A Nerd's Attempt to Explain Battery Capacity. [Online] 2012. [Citat: den 11 11 2016.] <https://www.batterystuff.com/kb/tools/peukert-s-law-a-nerds-attempt-to-explain-battery-capacity.html>.
12. **Kipor IG2000 manual**. [www.kiporpowerequipment.com](http://www.kiporpowerequipment.com). [Online] [Citat: den 21 11 2016.] [www.kiporpowerequipment.com](http://www.kiporpowerequipment.com).
13. **Widén, Joakim**. Beräkningsmodell för ekonomisk optimering av soleanläggningar. [Online] 2011. [Citat: den 26 11 2016.]  
<http://www.solelprogrammet.se/Projekteringsverktyg/Energiberakningar/>.

## Bilagaförteckning



Bilaga 1 Elplanritning

Full effekt från inverter 2000W

$$P := U \cdot I \quad U := 12 \text{ V} \quad \text{Polspänning}$$

$$P_{\text{inverter}} := 2000 \text{ W}$$

$$I := \frac{P_{\text{inverter}}}{U} = 166.667 \text{ A}$$

2 m 25mm<sup>2</sup> kabel Spänningsfall med 166A förbrukning

$$\rho_{\text{Cu}} := 0.018 \quad \text{Koppars resistivitet ohm/mm}^2$$

Kabelns resistans

$$R_k := \frac{2 \cdot \rho_{\text{Cu}}}{25} \cdot 2 = 2.88 \times 10^{-3} \quad 2 \text{ m gånger 2 ledare, plus och minus ledaren}$$

Spänningsfallet

$$U := R \cdot I \quad R_k := 0.00288 \cdot \text{ohm}$$

$$I = 166.667 \text{ A}$$

$$U_k := R_k \cdot I = 0.48 \text{ V}$$

Spänningsfallet om kabeln är 50mm<sup>2</sup>

$$R_{k50} := 2 \cdot \frac{\rho_{\text{Cu}}}{50} \cdot 2 = 1.44 \times 10^{-3}$$

$$R_{k50} := 0.00144 \cdot \text{ohm}$$

$$U_{k50} := R_{k50} \cdot I = 0.24 \text{ V}$$

Spänningsfall med 200W förbrukning

$$I := \frac{200 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 16.667 \text{ A}$$

$$R_{k50} = 1.44 \times 10^{-3} \Omega$$

$$U_{k200W} := R_{k50} \cdot I = 0.024 \text{ V}$$

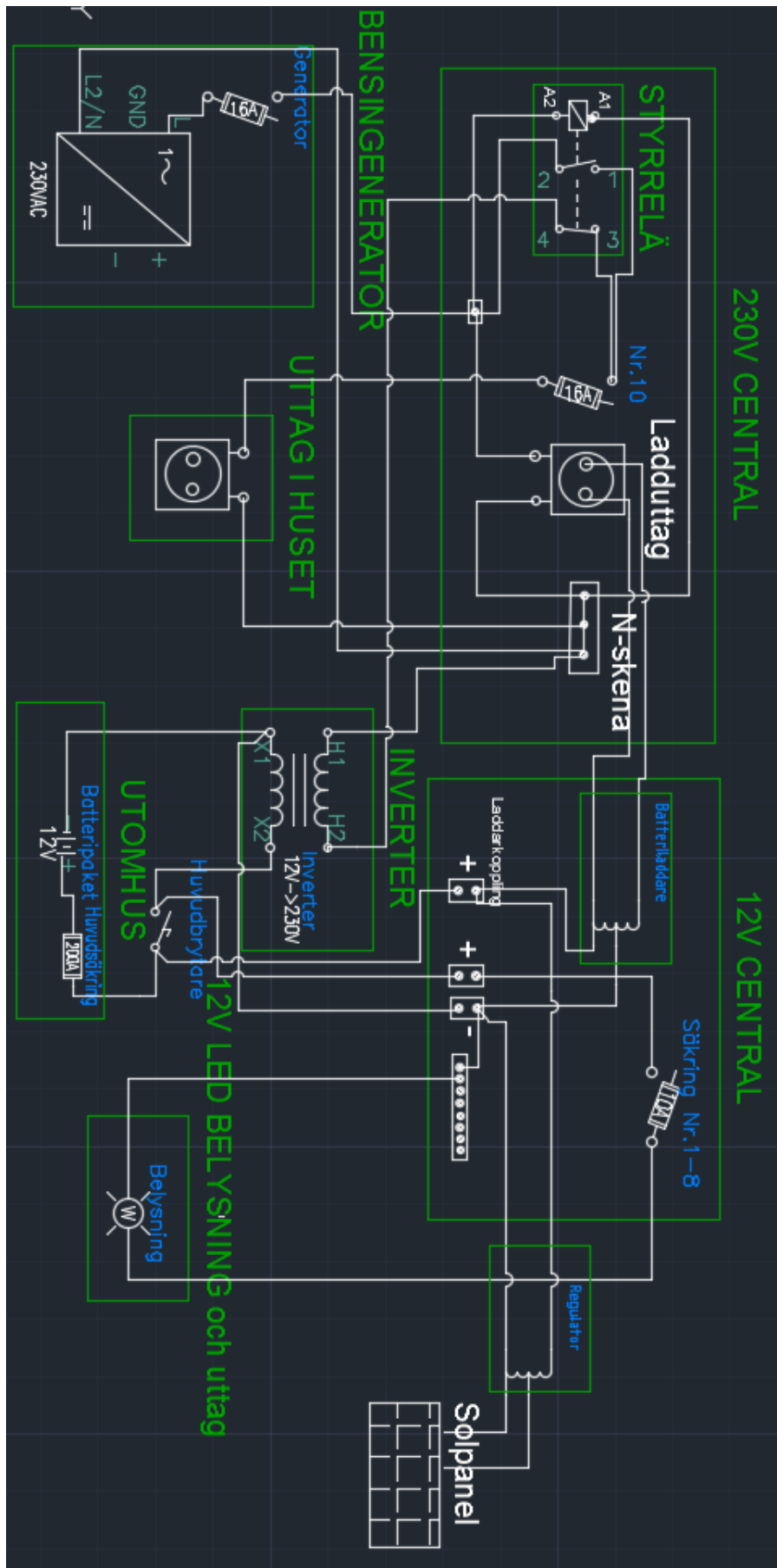
Spänningsfall över belysningskabeln längst bort i huset med 2 st. 5W lampor

$$R_{\text{bel}} := 14 \cdot \frac{\rho_{\text{Cu}}}{2.5} \cdot 2 = 0.202 \quad 14\text{m kabel}$$

$$R_{\text{bel}} := 0.202 \cdot \text{ohm}$$

$$I_{\text{bel}} := \frac{10 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 0.833 \text{ A}$$

$$U_{\text{bel}} := R_{\text{bel}} \cdot I_{\text{bel}} = 0.168 \text{ V}$$



Bilaga 3 Elschema för 230 V central, 12 V central

Model	2000-121	2000-122	2000-241	2000-242
Rated Power	2000W			
Peak Power	4000W			
Input Voltage	DC12V		DC24V	
Output Voltage	110V	220V	110V	220V
Output waveform	Pure Sine Wave 			
Input voltage	12V/24V			
Output voltage	110~120V/220~240V AC			
Output frequency	50/60Hz $\pm$ 3			
USB port	5V 500mA (optional)			
Optimum Efficiency	90 %			
No Load Current Draw	less than 1.2A (12V), less than 1A (24V)			
Low Battery Alarm	DC 10.5~11.5V , 21.5~23V			
Auto Low Battery Shutdown	DC 9.5~10.5V, 20.5~22V			
Cooling Fan	double			
AC Receptacles	double			
Certification	CE , RoHS, FCC			
N.W./unit	5kg			

Bilaga 4 Inverterns specifikationer.

källa: <http://novanewenergy.gmc.globalmarket.com/products/details/2000w-pure-sine-wave-power-inverter-off-grid-wave-inverter-3432769.html>

Volt	12V
Rated Voltage AC	220–240VAC, 50–60Hz
Charging voltage	NORMAL: 14.4V, COLD/AGM: 14.7V, RECOND: 15.8V, SUPPLY: 13.6V
Min battery voltage	2.0V
Charging current	10A max
Current, mains	1.0A rms (at full charging current)
Back current drain	<1Ah/month
Ripple	Less than 4% voltage
Ambient temperature	-20°C to +50°C, output power is reduced automatically at high temperatures
Charger type	8 step, fully automatic charging cycle
Battery types	All types of 12V lead-acid batteries (WET, MF, Ca/Ca, AGM and GEL)
Battery capacity	20–200Ah, up to 300Ah for maintenance
Dimensions	197 x 93 x 49mm (L x W x H)
Insulation class	IP65
Weight	0.8kg

*Bilaga 5 Ctek laddarens specifikationer och de 8 olika laddsteg*

#### CTek laddares 8-steg

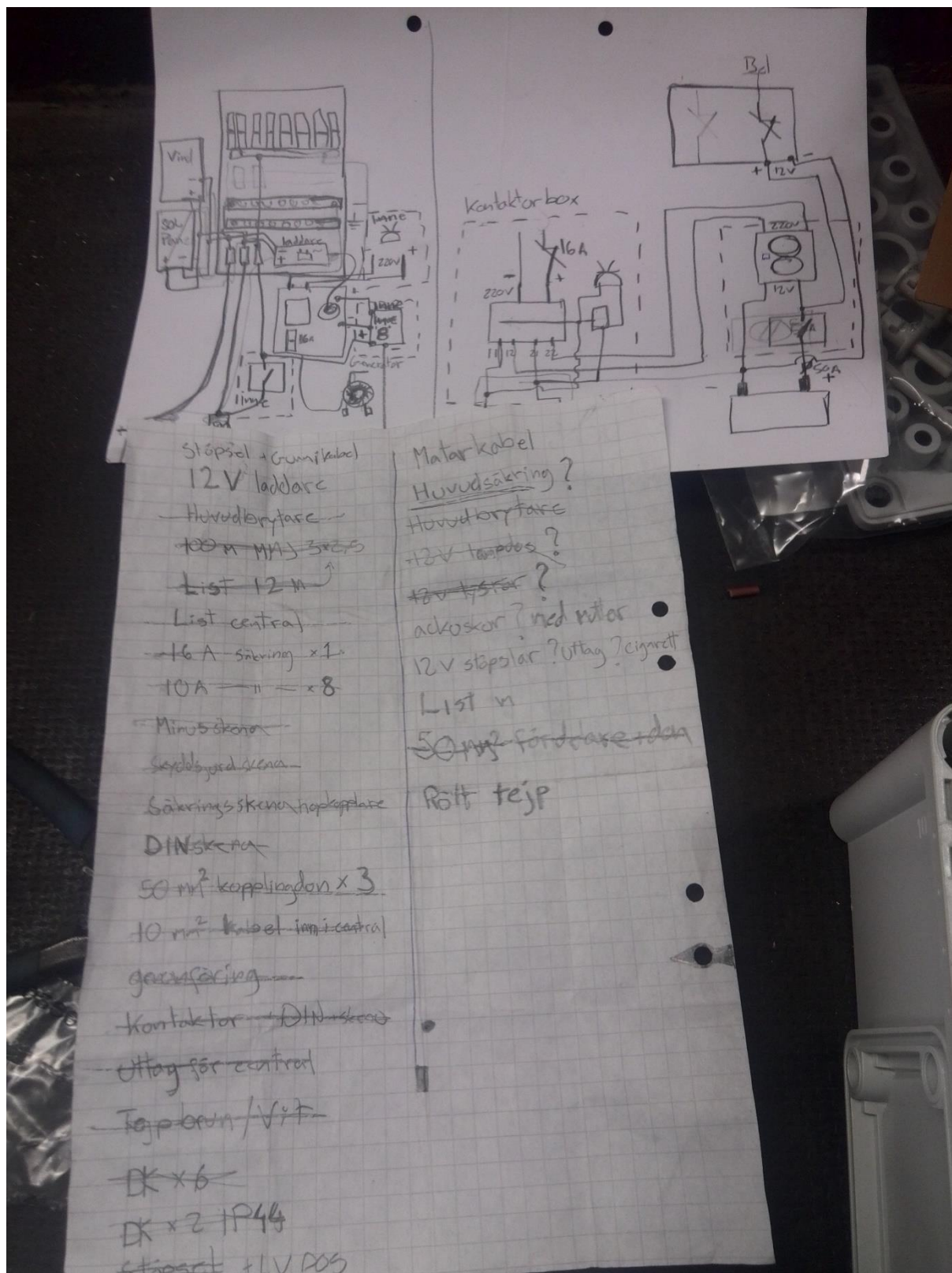
- 1. Avsulfatering** med pulser återställer sulfaterade batterier – minimerer risken för den största hälsofaran för batterier.
- 2. Mjukstart.** Har inte polspänningen nått den inställda nivån inom en inställd tid så avbryts laddningen. Batteriet är troligtvis trasigt eller för stort för laddaren.
- 3. Huvudladdning** då 80% av laddningen sker.
- 4. Absorption** Färdigladdning upp till 100.
- 5. Analys** testar självurladdning. Om självurladdningen är för hög så avbryts laddningen. och Batteriet är troligtvis trasigt eller så finns för stora parallellaster.
- 6. Recond** Rekonditionering av djupt urladdade batterier. Får bort syraskikning som förkortar livslängden på många batterier.
- 7. Underhållsladdning** – Float Laddning med konstant spänning.
- 8. Underhållsladdning** – Pulse. Håller batteriet i trim när det inte används. Laddaren kan vara ansluten månader i sträck

Källa: <http://www.ctek.com/at/en/chargers/MXS%2010>



*Bilaga 6 Sommarstugan med solpanel installerad*





Bilaga 7 Mitt principschema för planering och inköp

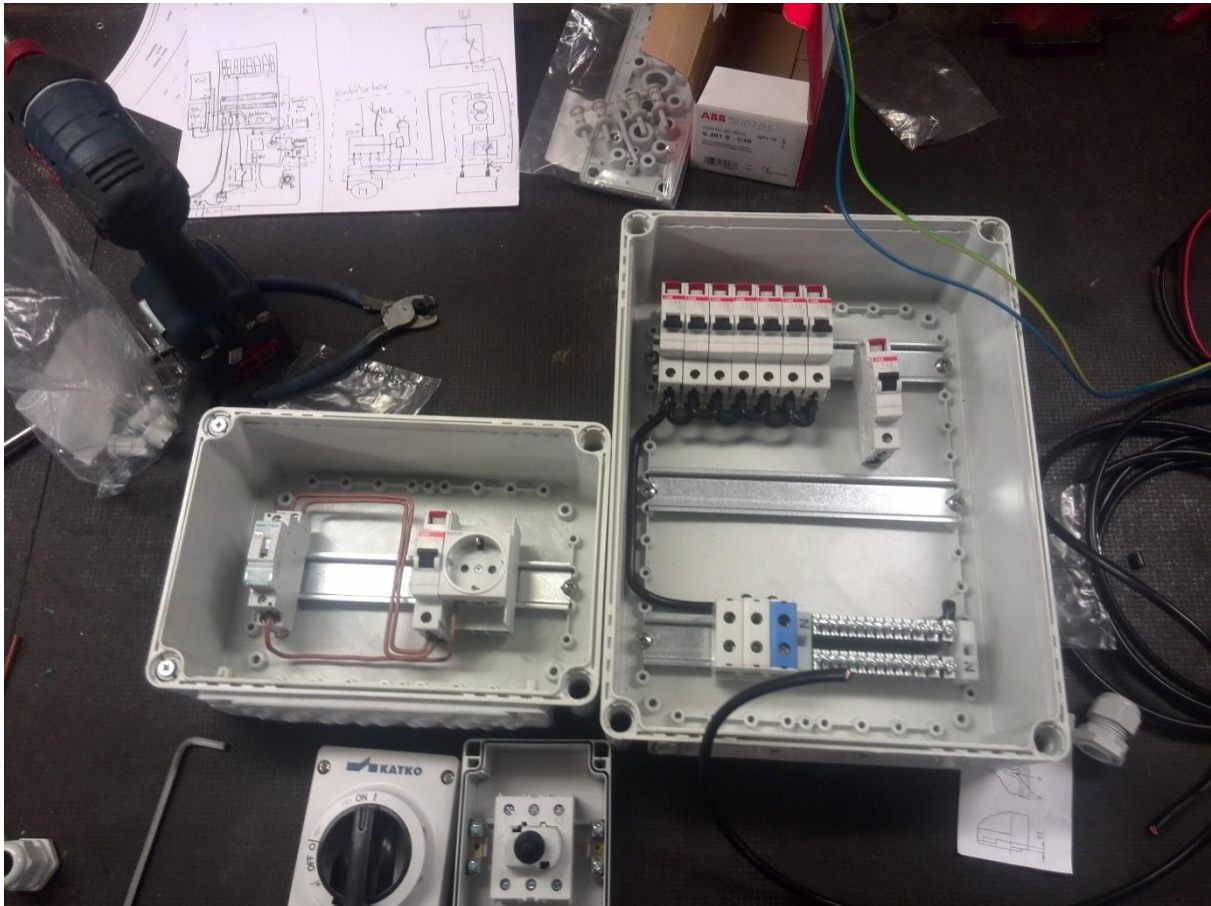


*Bilaga 8 Placering av huvudcentralerna, inverter, laddare och styrbox*

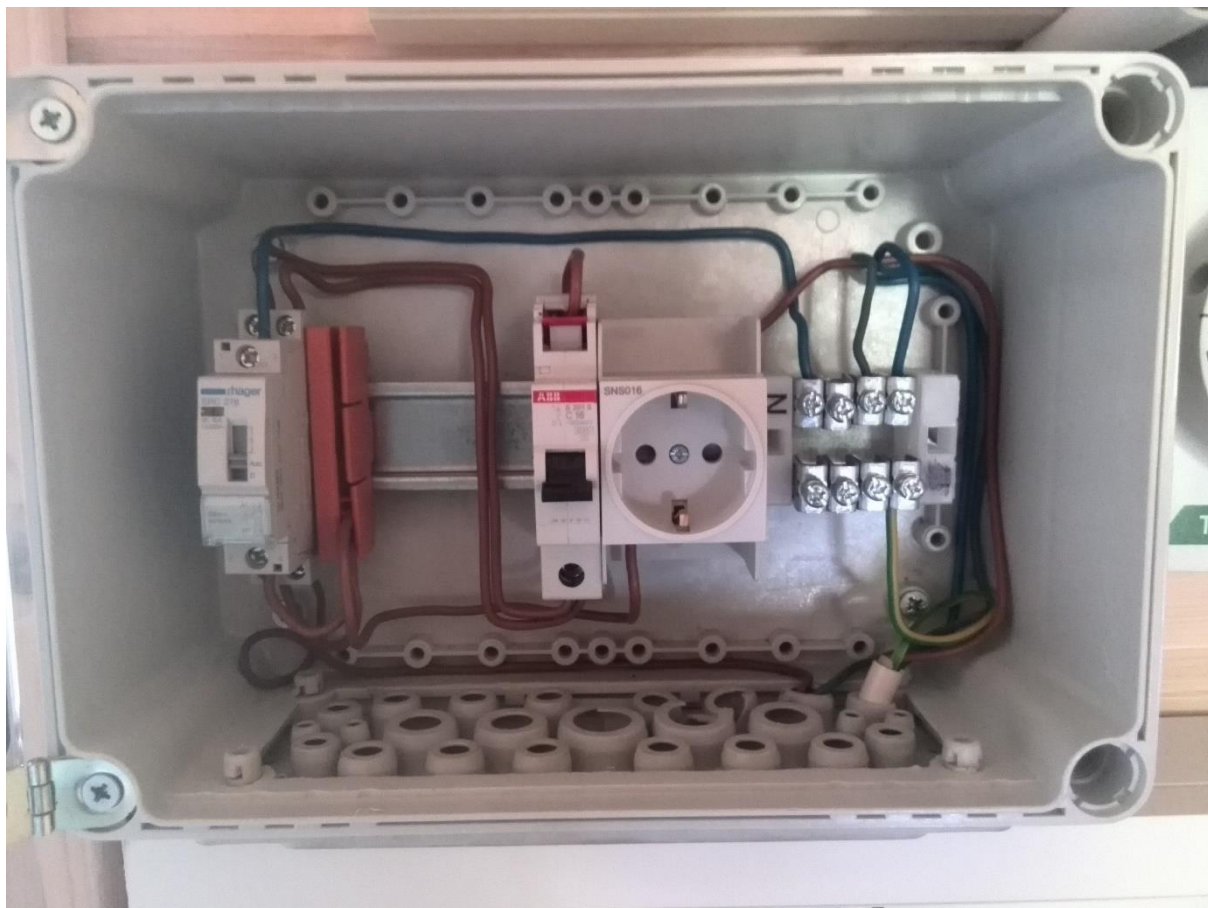


*Bilaga 9 Golvgenomföring*





*Bilaga 10 Byggande av 230 V central(mindre) och 12 V central(större)*

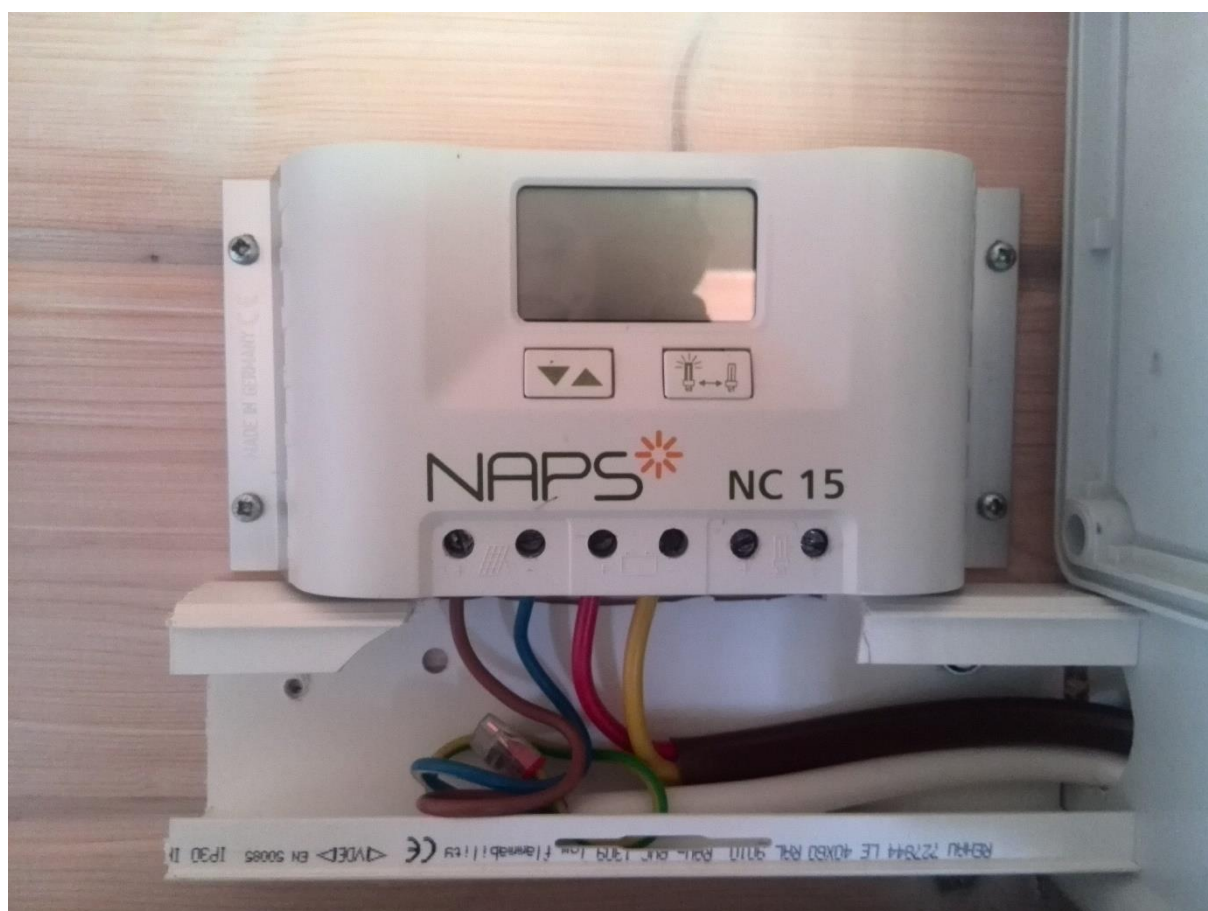


*Bilaga 11 230V central (ofärdig)*

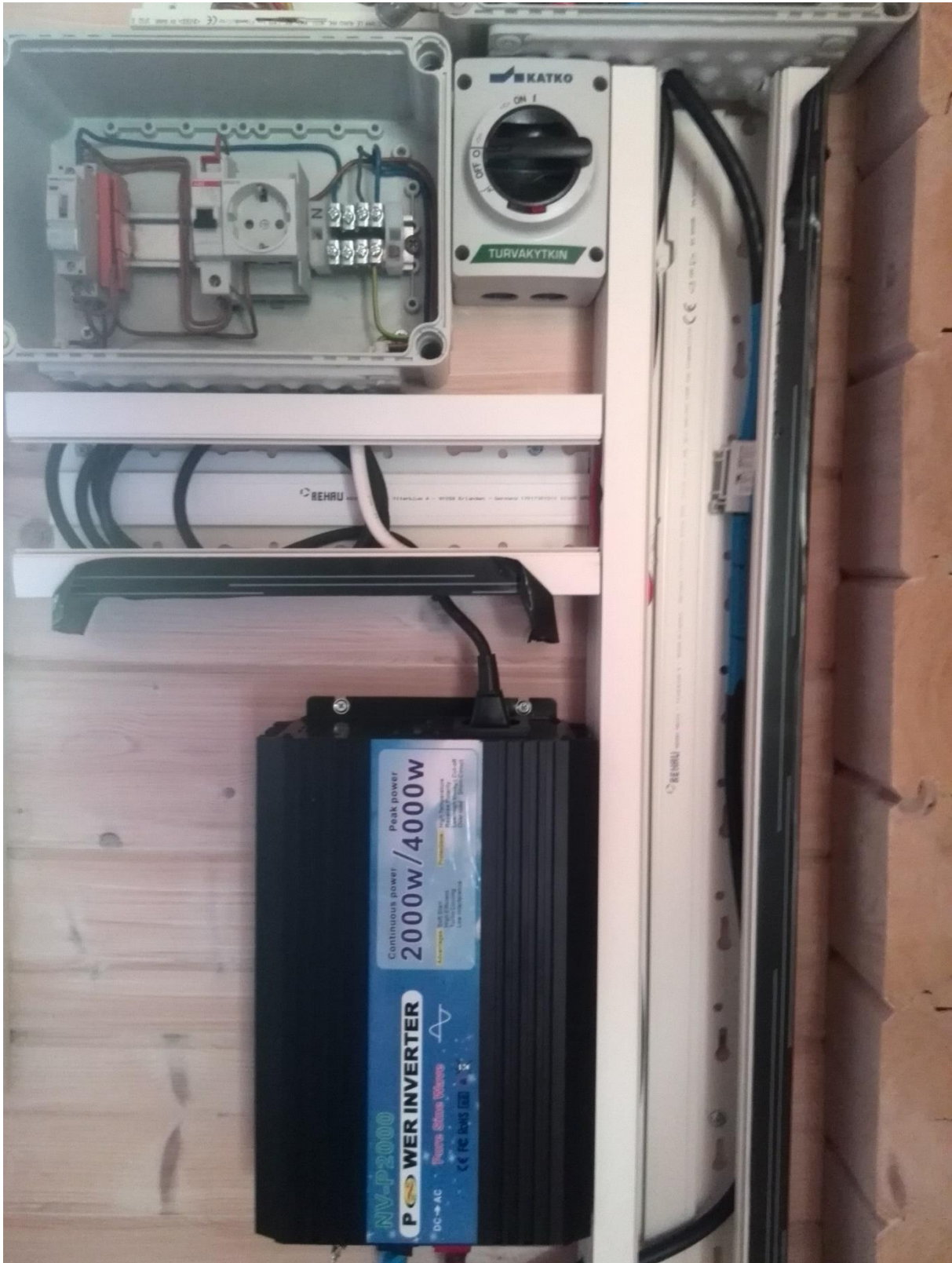


*Bilaga 12 12 V central*



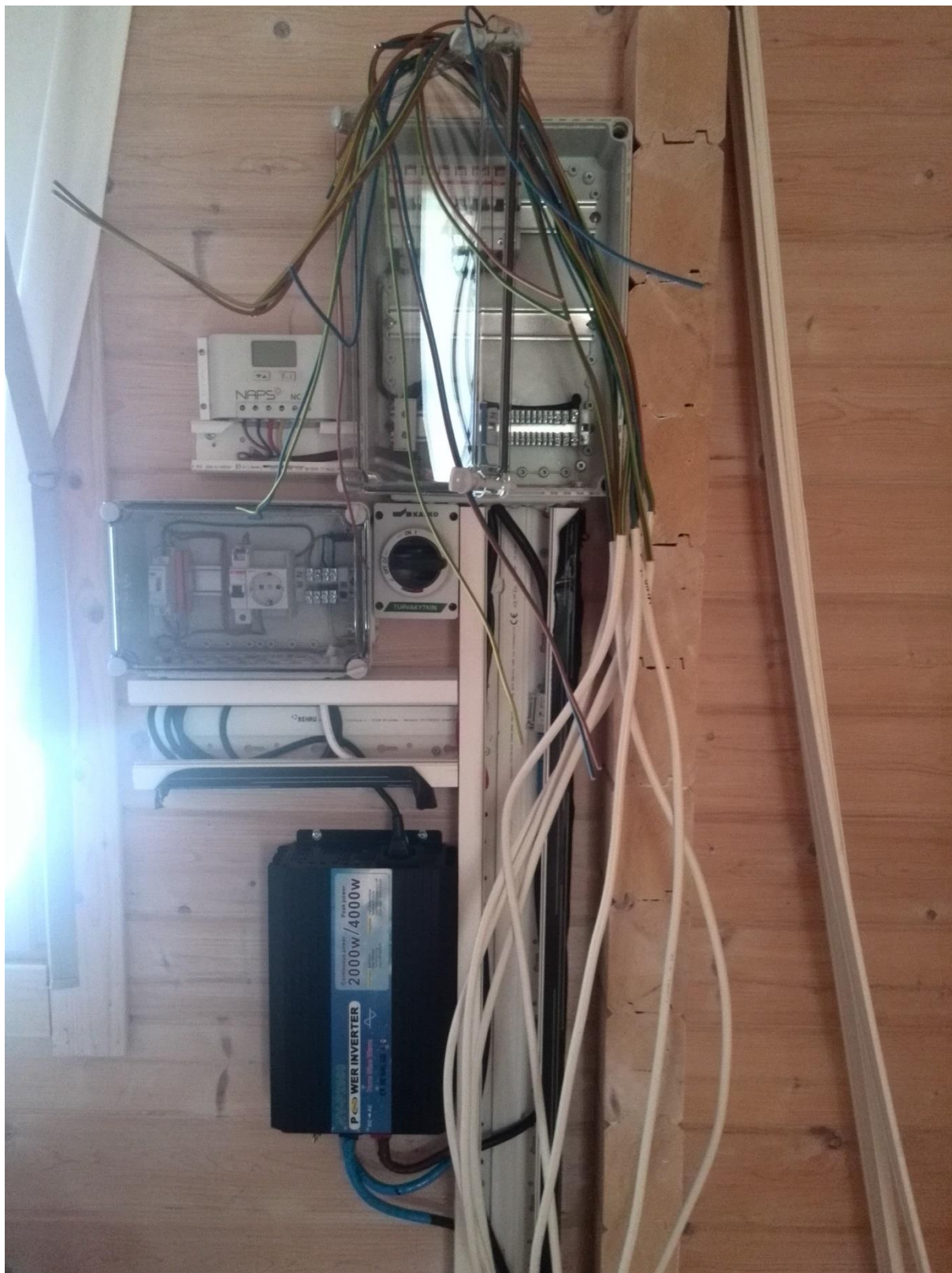


*Bilaga 13 Solpanelens regulator*

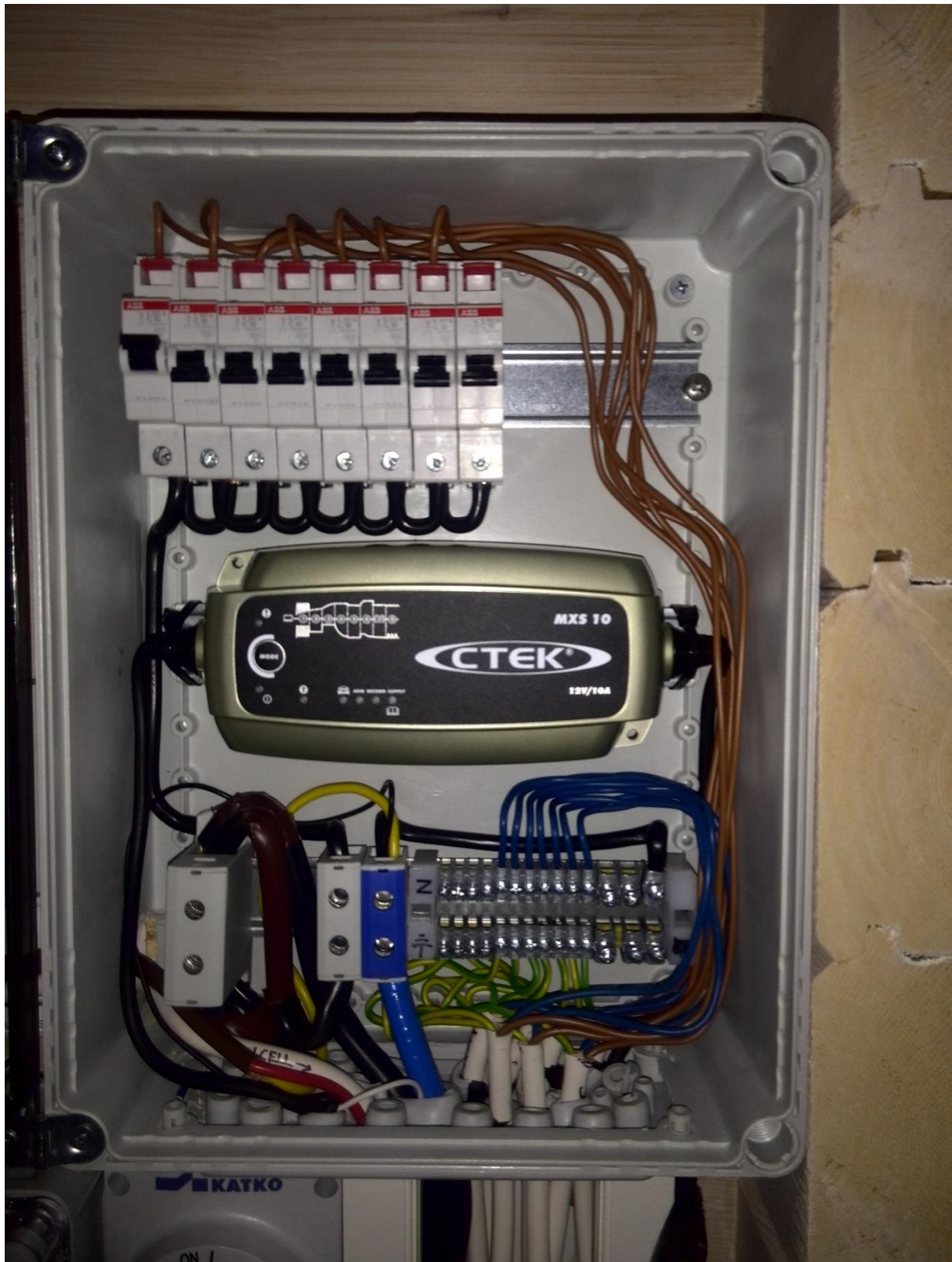


*Bilaga 14 Kabeldragning inverter och huvudbrytare*



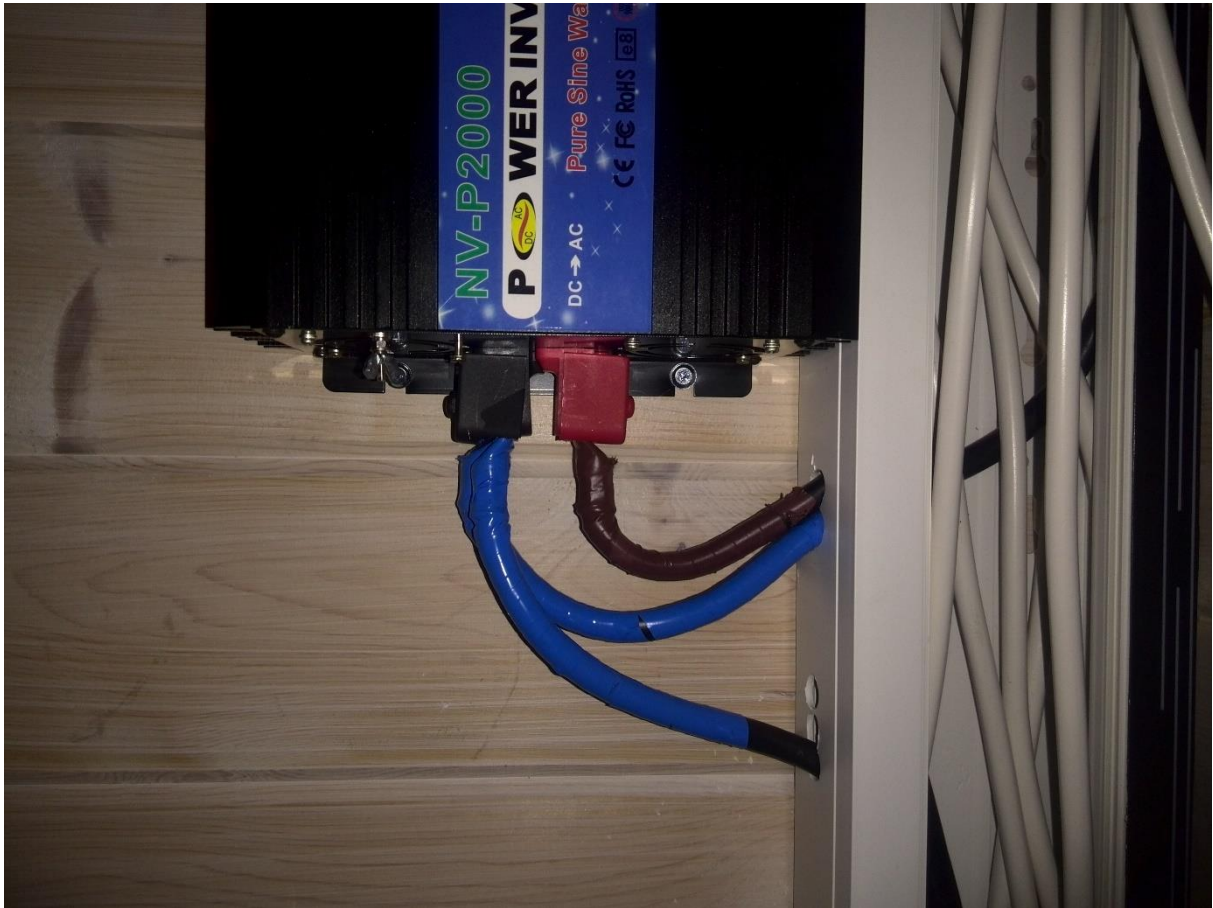


*Bilaga 15 Kabeldragning*



Bilaga 16 Färdigt Inkopplad 12 V central med batteriladdare

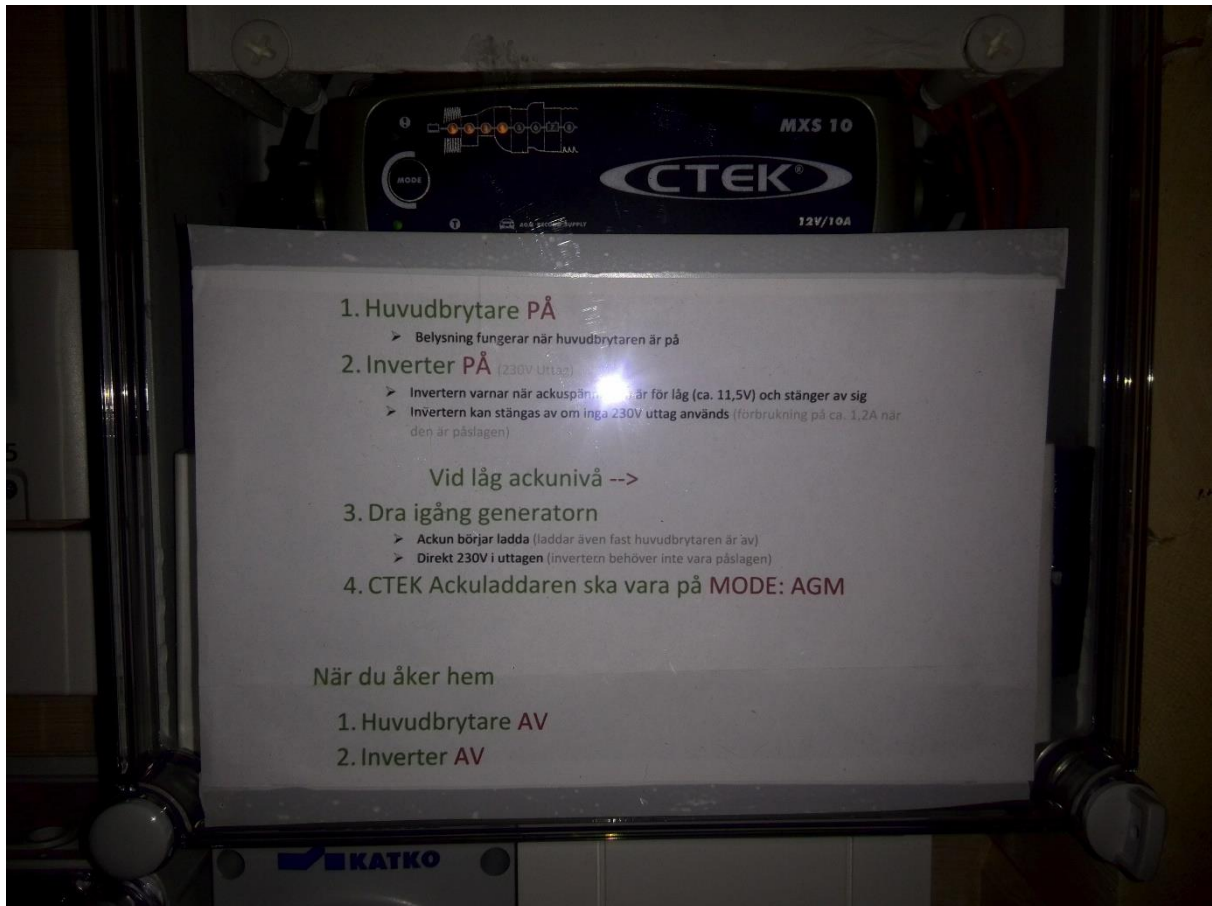




*Bilaga 17 Inverter*



*Bilaga 18 Färdig installation i drift*



Bilaga 19 Användnings instruktioner



*Bilaga 20 Batteripaket AGM 210 Ah*





*Bilaga 21 Huvudsäkring 200A från batteri*



Bilaga 22 2000W bensingenerator





*Bilaga 23 230V uttag(vänster) 12 V uttag (höger)*

